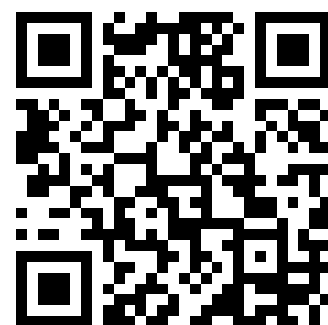

This is a reproduction of a library book that was digitized by Google as part of an ongoing effort to preserve the information in books and make it universally accessible.

GoogleTM books

<https://books.google.com>





Informazioni su questo libro

Si tratta della copia digitale di un libro che per generazioni è stato conservata negli scaffali di una biblioteca prima di essere digitalizzato da Google nell'ambito del progetto volto a rendere disponibili online i libri di tutto il mondo.

Ha sopravvissuto abbastanza per non essere più protetto dai diritti di copyright e diventare di pubblico dominio. Un libro di pubblico dominio è un libro che non è mai stato protetto dal copyright o i cui termini legali di copyright sono scaduti. La classificazione di un libro come di pubblico dominio può variare da paese a paese. I libri di pubblico dominio sono l'anello di congiunzione con il passato, rappresentano un patrimonio storico, culturale e di conoscenza spesso difficile da scoprire.

Commenti, note e altre annotazioni a margine presenti nel volume originale compariranno in questo file, come testimonianza del lungo viaggio percorso dal libro, dall'editore originale alla biblioteca, per giungere fino a te.

Linee guida per l'utilizzo

Google è orgoglioso di essere il partner delle biblioteche per digitalizzare i materiali di pubblico dominio e renderli universalmente disponibili. I libri di pubblico dominio appartengono al pubblico e noi ne siamo solamente i custodi. Tuttavia questo lavoro è oneroso, pertanto, per poter continuare ad offrire questo servizio abbiamo preso alcune iniziative per impedire l'utilizzo illecito da parte di soggetti commerciali, compresa l'imposizione di restrizioni sull'invio di query automatizzate.

Inoltre ti chiediamo di:

- + *Non fare un uso commerciale di questi file* Abbiamo concepito Google Ricerca Libri per l'uso da parte dei singoli utenti privati e ti chiediamo di utilizzare questi file per uso personale e non a fini commerciali.
- + *Non inviare query automatizzate* Non inviare a Google query automatizzate di alcun tipo. Se stai effettuando delle ricerche nel campo della traduzione automatica, del riconoscimento ottico dei caratteri (OCR) o in altri campi dove necessiti di utilizzare grandi quantità di testo, ti invitiamo a contattarci. Incoraggiamo l'uso dei materiali di pubblico dominio per questi scopi e potremmo esserti di aiuto.
- + *Conserva la filigrana* La "filigrana" (watermark) di Google che compare in ciascun file è essenziale per informare gli utenti su questo progetto e aiutarli a trovare materiali aggiuntivi tramite Google Ricerca Libri. Non rimuoverla.
- + *Fanne un uso legale* Indipendentemente dall'utilizzo che ne farai, ricordati che è tua responsabilità accertarti di farne un uso legale. Non dare per scontato che, poiché un libro è di pubblico dominio per gli utenti degli Stati Uniti, sia di pubblico dominio anche per gli utenti di altri paesi. I criteri che stabiliscono se un libro è protetto da copyright variano da Paese a Paese e non possiamo offrire indicazioni se un determinato uso del libro è consentito. Non dare per scontato che poiché un libro compare in Google Ricerca Libri ciò significhi che può essere utilizzato in qualsiasi modo e in qualsiasi Paese del mondo. Le sanzioni per le violazioni del copyright possono essere molto severe.

Informazioni su Google Ricerca Libri

La missione di Google è organizzare le informazioni a livello mondiale e renderle universalmente accessibili e fruibili. Google Ricerca Libri aiuta i lettori a scoprire i libri di tutto il mondo e consente ad autori ed editori di raggiungere un pubblico più ampio. Puoi effettuare una ricerca sul Web nell'intero testo di questo libro da <http://books.google.com>



C 3 9015 00349 533 3
University of Michigan - BUHR

PROPERTY OF

*The
University of
Michigan
Libraries*

1817

ARTES SCIENTIA VERITAS



PROPERTY OF

*The
University of
Michigan
Libraries*

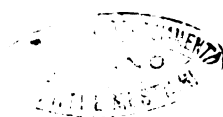
1817

ARTES SCIENTIA VERITAS





MEMORIE
DEL REALE ISTITUTO LOMBARDO



MEMORIE
DEL REALE ISTITUTO LOMBARDO
DI SCIENZE E LETTERE.



CLASSE DI SCIENZE MATEMATICHE E NATURALI

VOLUME DICIOTTESIMO

NONO DELLA SERIE TERZA.

MILANO,
TIP. BERNARDONI DI C. REBESCHINI E C.
1896-1900.

AS
11-2-
V.18

I N D I C E

ORESTE MURANI. — <i>Sperimenti sui raggi Röntgen</i>	Pag. 1
GIACOMO SANGALLI. — <i>Rarissime anomale conformazioni congenite ed acquisite del pancreas e dei testicoli. — Ventriglio di gallo con collo e capo di pul- cino sporgenti dall'alto del suo lato sinistro</i>	21
EUSEBIO OEHL. — <i>Un criterio cronometrico della sensazione.</i>	39
ERNESTO MARIANI. — <i>Ammoniti del senoniano lombardo</i>	51
GIOVANNI SCHIAPARELLI. — <i>Origine del sistema planetario eliocentrico presso i Greci</i>	61
EUSEBIO OEHL. — <i>Sulla saccarificazione dell'amido nello stomaco digerente</i>	101
RINA MONTI. — <i>Le ghiandole salivari dei gasteropodi terrestri nei diversi pe- riodi funzionali.</i>	115
MAURO JATTA. — <i>Sulla genesi della fibrina nelle infiammazioni della pleura e del polmone</i>	135
EMILIO VERATTI. — <i>Ricerche sul sistema nervoso dei limax</i>	163
F. FOSSATI. — <i>Bibliografia Voltiana</i>	181
E. ARTINI E G. MELZI. — <i>Ricerche petrografiche e geologiche sulla Valsesia</i>	219

SPERIMENTI SUI RAGGI RÖNTGEN

MEMORIA

del S. C. prof. ORESTE MURANI,

letta nelle adunanze 9 aprile e 7 maggio 1896 del r. Istituto Lombardo di scienze e lettere.

Invitato dalla Presidenza di questo r. Istituto, ho l'onore di presentare alcune radiografie che ottenni per mezzo dei raggi X del Röntgen, le quali illustrerò con brevi parole, e di esporre inoltre il risultato di alcuni studi fatti nell'intento di contribuire alla teoria del fenomeno, scoperto dal fisico di Würzburg.

Della meravigliosa scoperta, che ha universalmente suscitato tanto vivo e legittimo interesse, si poté leggere le prime notizie nei giornali politici dello scorso gennaio; ma erano cognizioni vaghe; e niente di preciso era detto intorno alle condizioni sperimentali e al modo da tenere per la migliore riuscita del fenomeno. E prima ancora che apparisse, verso la fine di gennaio, la nota originale del prof. Röntgen, la quale del resto tace delle disposizioni pratiche da lui adottate, e delle necessarie avvertenze per ottenere delle buone radiografie, tentai di ripetere alcune esperienze, e riuscii quasi subito nell'intento, fotografando con i detti raggi una reticella metallica chiusa in una scatola di legno (21 gennaio); i giornali *La Lombardia* e *La Perseveranza* ne diedero subito nella cronaca la notizia. Mi fu compagno e cooperatore intelligente in tali esperienze, sino dalle prime prove, il signor A. Carissimo, allievo ingegnere del nostro Istituto tecnico superiore, la cui valentia nell'arte fotografica è da tutti saputa. Incoraggiati dal primo successo, abbiamo subito tentato altre prove, come la radiografia di una rana e di una mano; e i risultati ottenuti furono mostrati al numerosissimo e colto uditorio accorso alla conferenza pubblica che io tenni intorno alla scoperta del Röntgen il dì 26 gennaio nella Società d'incoraggiamento d'arti e mestieri di questa città, e qualche giorno dopo nel Circolo filologico. Se non che dovetti ben presto convincermi che i mezzi sperimentali di cui potevo disporre erano ben scarsi e insufficienti alla bisogna: il rocchetto di Ruhmkorff adoperato era un vecchio rocchetto del Gabinetto di fisica del r. Istituto tecnico; esso, alimentato da una pila di 10 Bunsen, dà appena una scintilla di 4 cm., cosicchè l'energia della scarica è poca cosa, e la durata di esposizione per ottenere buone radiografie, diventa eccessivamente lunga. La Società d'incoraggiamento, che oltre a prendersi intelligente e sollecita cura della istruzione popolare e professionale, ha sempre aiutato e incoraggiato i buoni studi scientifici, non è venuta meno neanche questa volta alla bella tradizione e alla rinomanza di cui meritamente gode, e mi ha, con vera liberalità, non solo fornito un apparecchio d'induzione adatto, ma ha messo a mia disposizione i suoi locali, dove ho trovato quelle comodità necessarie all'esperienza, che fino ad ora mancano, ma si spera di aver presto, nell'Istituto tecnico.

In possesso di questi mezzi più acconci, ho potuto ottenere non solo delle migliori radiografie con tempi di esposizione relativamente piccoli, ma anche qualche nuovo risultato che può avere un certo interesse nello stabilire la teoria del fenomeno: sono precisamente questi ultimi studi, sui quali intendo richiamare l'attenzione benevola dell'Istituto; poichè le radiografie di mani, di piedi, di pesci, ecc., ecc., se poterono costare qualche fatica e fruttare qualche merito ai fisici, che primamente se ne occuparono, e dovettero, per così dire, indovinare e scoprire le condizioni migliori per ottenerle, oggi sono molto facili a farsi, e dopo tante pubblicazioni e insegnamenti pratici forniti in pubbliche conferenze, si riducono quasi ad una pura manualità.

Premessi questi pochi cenni storici, passo a dire brevemente delle mie ricerche, cominciando dalla descrizione degli apparecchi usati.

Apparecchio d' induzione.

Il rocchetto di Ruhmkorff, che ho adoperato per eseguire le radiografie, unite alla presente Memoria, ha il filo indotto lungo 48.000^m: la corrente del circuito primario può essere interrotta, sia coll'interruttore a mercurio di Foucault, sia con il solito interruttore rapido a martello. Alimentando l'apparecchio con una pila di 8 o 10 elementi di Bunsen di medio modello, si possono avere col primo interruttore scintille da 25^{cm} e più, e con il secondo di 18^{cm}. Con l'interruttore a mercurio si può regolare la frequenza delle interruzioni e quindi delle scariche, col mezzo di un contrappeso, il quale vien fatto salire o scendere allo scopo di aumentare o diminuire il periodo di oscillazione della molla portante la punta di platino che pesca nel mercurio, e apre e chiude il circuito della pila. Siffatto interruttore è in ogni caso lento, poichè la frequenza giunge tutto al più a 4 oscillazioni al secondo: nelle condizioni suddette, quando il rocchetto funziona, la corrente primaria oscilla fra i 6 e 7 ampère. Incomparabilmente maggiore è invece la frequenza coll'interruttore ordinario a martello, ma in questo caso, a cagione dei noti fenomeni di autoinduzione, la intensità della corrente diminuisce in modo notevole, essendo compresa fra 2 e 3 ampère. Di guisa che, se da un lato si guadagna nella frequenza, dall'altro si perde nella energia; e in armonia con questo, il tubo di Crookes, eccitato dalle correnti alternate dell'apparecchio, mostra una più viva fluorescenza delle pareti di vetro con l'interruttore a mercurio. A ogni modo, per giudicare quale dei due interruttori convenisse meglio all'uopo, prendevo sulla stessa lastra sensibile due radiografie di una lamina traforata, o monogramma di zinco, adoperando nelle due prove lo stesso tubo di Crookes, come è chiaro, e per lo stesso tempo. Una metà della lastra era, in ciascuna prova, protetta con uno schermo del tutto impermeabile ai raggi di Röntgen, costituito da una foglia di piombo sufficientemente spessa. Si è ripetuto lo esperimento più volte, adoperando anche tubi diversi, e il risultato è stato questo, che i due interruttori quasi si equivalgono: bisogna concludere che nelle grandi frequenze l'effetto esplicito per ogni singola scarica sia stato minore, come si è detto innanzi, poichè altrimenti, coll'interruttore rapido, le impressioni avrebbero dovuto essere più intense. Questo risultato è in pieno accordo colle misure eseguite a tale uopo dal prof. Róiti (1). Essendo così le cose, ho adoperato indifferentemente, sia l'interruttore a mercurio, sia quello a martello.

(1) *Atti della R. Accademia dei Lincei*, vol. V, serie 5^a, seduta 12 aprile 1896.

Si è sperimentato anche, eccitando i tubi di Crookes con un potente trasformatore di Tesla, costruito dal chiaro ing. E. Jona della Ditta Pirelli: questo apparecchio è alimentato dalla corrente di un alternatore, che ha ai suoi poli la differenza di potenziale di 1000 volta; tale corrente, esaltata grandemente nel potenziale da un opportuno trasformatore, serve alla carica di un condensatore formato da nove grandi bottiglie di Leyda. La scarica oscillatoria di questo passa nel primario della bobina di Tesla immersa nell'olio di resina, e quando le scariche, sotto forma di fiocchi e di scintille, avvengono fra due cerchi concentrici riuniti ai poli, si riempie di luce addirittura un'area di 1 m.² e più. È un vero torrente di elettricità che si scarica dai poli dell'apparecchio, e — come nelle famose esperienze di Tesla — basta prendere nelle mani un tubo di Geissler e avvicinarsi al trasformatore suddetto per vedere il tubo tutto risplendere di una viva e bella luce. In tali condizioni, chiudendo il circuito della bobina di Tesla con un tubo di Crookes, le scariche ad altissimo potenziale e di grande frequenza si succedono alternativamente nei due sensi, e non si può più parlare di anodo o di catodo, ossia raggi catodici si sviluppano ad entrambi gli elettrodi; il tubo mostra una fluorescenza vivissima delle sue pareti, ma deteriora rapidamente. Il miglior partito è quello di riunire un solo elettrodo a un polo della bobina, e di congiungere l'altro ad una massa metallica isolata di conveniente capacità. Le prove eseguite però hanno dimostrato che non vi è vantaggio notevole, quanto a diminuire il tempo di posa necessario per ottenere buone e nitide radiografie. Tuttavia non mi pare di poter asserire questo in modo assoluto, e spero di potere quanto prima tornare sull'argomento e riferire intorno ad alcune nuove esperienze, che ho iniziate con un trasformatore di Tesla di minori proporzioni, forse più conveniente in questo genere di esperienze.

Tubi di Crookes.

Ho adoperato tubi di Crookes di diversa forma: quelli a globo sferico del diametro di circa 12^{cm} con tre elettrodi filiformi, comunicanti col polo positivo (anodo), ed uno a dischetto che può essere piano o concavo, riunito al polo negativo (catodo); altri periformi lunghi un 25^{cm}, simili ai tubi di Crookes muniti della croce d'alluminio; questa però era sostituita da un semplice dischetto di alluminio funzionante da anodo. Il catodo è formato anch'esso da un disco piano, però molto maggiore, avente il diametro di circa 3^{cm}; esso si trova nella parte più ristretta del tubo ed è sufficientemente discosto dal fondo della parete di vetro.

Dei detti tubi alcuni sono vecchi e formano parte della suppellettile scientifica del Gabinetto di fisica dell'Istituto tecnico; altri, di recente costruzione, mi sono stati forniti dalla casa Leybold's Nachfolger di Colonia.

Quelli periformi si sono mostrati alla prova quasi tutti egualmente efficaci quanto alla produzione dei raggi di Röntgen; gli altri a globo, eccitati energicamente tutti allo stesso modo, hanno un diverso comportamento, a cagione certo della diversa qualità e del vario spessore del vetro, del grado di rarefazione del gas interno, ecc., ecc. Il primo, quello che più mi ha servito nelle diverse prove, è attivissimo, sebbene la fluorescenza giallo-verdastra del vetro non sia molto viva e abbia il dischetto funzionante da catodo molto prossimo alle pareti stesse: ciò non conferma la osservazione del prof. Röntgen (1), che cioè: *quando un catodo è così vicino al fondo del tubo da toccarlo quasi, esso non manifesta azione di sorta, o se la*

(1) *Atti della R. Accademia dei Lincei*, vol. V, serie 5^a, seduta del 2 febbraio 1896.

esercita, è incomparabilmente più debole di quando si trova, come al solito, discosto dal fondo. Ora la sua efficacia è diminuita a cagione di un deposito metallico di color bruno, che si è formato nella regione anticatodica. Il secondo mostra una splendida fluorescenza, di un color verde-chiaro, ma è molto meno efficace del primo; il terzo, evidentemente poco vuotato, eccitato allo stesso modo dagli altri, mostra una nebulosità bianco-violetta diffusa per tutto il tubo e più appariscente nella parte centrale, dove avviene la propagazione sotto forma di un fascio conico più luminoso divergente dal catodo. Poichè quasi tutti i tubi nuovi, alle prime prove, mostrano tale nebulosità bianco-violetta diffusa per entro il globo, la quale poi scompare col tempo dopo qualche ora di eccitamento, ho voluto provare se la cosa si verificasse anche per questo tubo; ma l'aspetto suo non ha mutato, e il tubo non è capace di dare origine ai raggi di Röntgen. Non saprei a quale dei tre *stadi della luminosità negativa* (1) segnalati dal prof. Róiti si potrebbe assegnare questo del detto tubo di Crookes. Ho verificato con la maggiore certezza l'osservazione primamente fatta dal prof. Battelli, che *i tubi di Crookes che servono alla produzione dei raggi catodici, man mano che si adoperano e durante qualche ora, vanno migliorando* (2): a tale uopo esaminai con cura il comportamento di qualche tubo appena giunto dalla fabbrica: dopo due o tre ore di funzionamento essi raggiunsero un'attività ben superiore a quello relativamente debole che mostravano da principio. La maggiore efficacia è probabilmente dovuta all'assorbimento di parte del gas interno operato dagli elettrodi e dalle pareti del tubo. Ed anche è probabile che le molecole per l'azione de' raggi ultra-violetti, specialmente in vicinanza del catodo, si dissocino trasformandosi in ioni liberi.

Premesso questo studio intorno all'attività dei tubi, mi sono poi sempre servito di due di essi, uno a globo sferico, che dirò il Crookes n. 1, e l'altro periforme, che dirò il Crookes n. 2: questo secondo nelle varie prove si è mostrato più attivo del primo. Un'osservazione di qualche importanza che riguarda quest'ultimo tubo è la seguente: con l'interruttore a mercurio la macchia fluorescente verdastra si desta solo dirimpetto al catodo; mentre con l'interruttore a martello le macchie fluorescenti sono due dirimpetto a ciascun elettrodo, una nel fondo del tubo, l'altra sulla parete laterale, segno che in quest'ultimo caso il tubo è attraversato tanto dalla scarica indotta diretta che da quella inversa; onde è a pensare che quest'ultima con l'interruttore a mercurio raggiunge un'intensità minore.

Non ho mai potuto constatare quel forte riscaldamento dei tubi adoperati, che è stato segnalato da altri sperimentatori, anche dopo molto tempo dal loro funzionamento: un'altra circostanza pure notevole è questa, che la parte del tubo direttamente colpita dai raggi catodici, dove la fluorescenza è più intensa, l'ho trovata costantemente carica di elettricità negativa, e non già positiva, come hanno trovato tanti altri sperimentatori; e poichè la cosa mi sembrava un po' singolare, ho usato la più minuziosa diligenza per accertarmi del fatto.

In tutte queste esperienze poi ad assicurarmi anzitutto del regolare funzionamento della sorgente, dell'apparecchio d'induzione ecc., tenevo un amperometro nel circuito primario del rocchetto; ed anche, togliendo a quando a quando le comunicazioni del tubo di Crookes con la bobina, e stabilendole invece con uno spinterometro, misuravo la lunghezza della scintilla: volendo esser certo anche del buon funzionamento del tubo di Crookes, prima di cominciare una serie di esperienze, radiografavo con una posa di 3 minuti una lastra traforata di zinco, come dirò in appresso.

(1) *Atti della R. Accademia dei Lincei*, vol. V, serie 5^a, seduta del 1 marzo 1896.

(2) *Nuovo Cimento*, serie 4^a, vol. III, fascicolo del gennajo 1896.

Luogo di emanazione dei raggi Röntgen nei tubi di Crookes.

La parete del tubo di fronte al catodo (regione anticatodica) direttamente colpita dai raggi catodici, è senza dubbio quella che risplende della più viva fluorescenza; ma chiunque, sperimentando, ha potuto famigliarizzarsi col fenomeno, avrà potuto constatare che anche la rimanente parete del tubo diventa, sebbene in grado più debole, fluorescente. Ora, se è vero che i raggi di Röntgen non sono da ascrivere alla semplice fluorescenza del vetro (vedi a pag. 8), è necessario però a tal fine che essa sia destata dai raggi catodici; onde è naturale ammettere che ove più viva si mostra la fluorescenza destata da questi raggi, ivi deve corrispondere una più copiosa emissione dei raggi di Röntgen. Cosicchè la fluorescenza del vetro non sarebbe la causa, ma un indizio soltanto dei punti del tubo di maggiore attività. È uno studio questo, di grande interesse, intrapreso dai professori Róiti e Battelli; il fenomeno in realtà si complica grandemente con la forma dei tubi, la qualità del vetro, il grado di rarefazione ecc. ecc. Un mezzo semplice che si presenta nel risolvere la quistione sarebbe quello di esplorare il campo intorno al tubo di Crookes eccitato, prendendo tante radiografie su lastre sensibili disposte sopra una superficie sferica, di cui il tubo occupasse il centro. In mancanza di detta prova, io mi contenterò di additare la radiografia fig. 1 (tav. I), la quale ottenni adoperando il tubo di Crookes n.º 1, e disponendo la lastra sensibile non dirimpetto alla macchia fluorescente normalmente ai raggi catodici, ma parallelamente a questi, e ad una distanza dalle pareti del tubo di un 18^{cm}: tempo di posa 10 minuti. Una parte della lastra, quella meno chiara, era ricoperta da un libro di 500 pagine ⁽¹⁾.

Metodo tenuto nelle esperienze.

Ma prima di esporre i risultati delle esperienze, è bene che io dica come esse erano condotte. Le lastre sensibili erano dapprima rinchiusi in un ordinario telaio fotografico (chassis); ma poi dovendosi eseguire tante prove, e occorrendo procedere spediti, parve miglior mezzo di rinchiuderle in quelle scatole di cartone, con le quali le lastre vengono poste in commercio; e poichè per ottenere figure ben chiare, bisogna evitare gli effetti di penombra, è necessario a tal'uopo di mantenere l'oggetto che si vuole riprodurre vicinissimo alla lastra. Per questo si innalza il fondo della scatola con una tavoletta di legno di conveniente spessore, sulla quale, dopo averla avvolta in due o tre strati di un foglio di carta nera, si adagia la lastra con la pellicola sensibile rivolta all'insù, verso il coperchio. L'oggetto di cui si vuole ottenere l'immagine, una mano, un pesce, si colloca sopra il coperchio; se poi si tratta di un traforo metallico, può anche disporsi dentro la scatola, fra la lastra ed il coperchio stesso. In tal modo la lastra riesce egregiamente difesa dalla luce del dì e da qualunque altra azione, come la pressione per esempio, che possa impressionarla: ho esposto delle lastre protette in tal guisa alla luce diretta del sole per delle ore, e allo sviluppo non hanno rilevato la benchè

(1) Tutte le figure delle tavole sono le prove positive, ottenute con la fototipia, delle negative originali; cosicchè ciò che in esse è nero, nelle negative è bianco e viceversa. Fanno eccezione le figure 6, 7, 8 della

tav. III, che riproducono lo stesso effetto che si avrebbe guardando le negative. Va da sè che nelle negative certi particolari, certe leggere sfumature di tinte si osservano meglio che in queste riproduzioni.

menoma traccia di velatura. Lastre invece, protette semplicemente da parecchi involti di carta nera, hanno mostrato notevoli tracce del passaggio della luce; cosicchè questa semplice protezione deve ritenersi insufficiente.

Quasi tutte le radiografie furono eseguite collocando la lastra sensibile di fronte alla macchia fluorescente in direzione normale alla linea di propagazione dei raggi catodici nell'interno del tubo: la distanza della lastra dal tubo è stata variata secondo i casi da 15 a 30 centimetri, usandosi le distanze maggiori, allo scopo di evitare i dannosi effetti delle penombre, quando l'oggetto da radiografare era più esteso e più spesso. Non ho fatto ricorso all'uso di diaframmi che limitassero la parte irraggiante del tubo, allo scopo di ottenere nitide impressioni, poichè in generale il tempo di posa ne resta notevolmente aumentato.

Questo d'altro canto riesce grandemente diverso a seconda degli oggetti, di cui si vuole la impressione: se si tratta di un monogramma metallico, il traforo di zinco da me adoperato, allora la durata dell'esposizione può essere di uno o due minuti primi ed anche meno. Per esempio (tav. I) la figura 2 rappresenta gli effetti ottenuti con il tubo di Crookes n. 1 dividendo la lastra sensibile, mediante schermi di piombo, in tre parti ed esponendo ciascuna parte alle radiazioni X ordinatamente a cominciare dall'alto per uno, due, tre minuti; si vede che l'effetto è poco diverso nelle due ultime pose. Nel caso però che si tratti di un oggetto fortemente assorbente, come una mano, un pesce, ecc., allora la durata dell'esposizione dev'essere più lunga. Io non ho potuto ottenere una immagine ben netta delle ossa di una mano o dello scheletro d'un pesce in un tempo minore di 15 minuti; per la mano poi della figura 1 (tav. II) la posa fu prolungata a circa 40 minuti, e ciascuno può vedere la notevole differenza dell'effetto, stabilendo il confronto con le radiografie delle altre mani.

Abbiamo impiegato lastre sensibili a gelatina bromuro d'argento, ordinarie ed ortocromatiche, dei signori Lumière e del signor Cappelli: non abbiamo potuto constatare fra esse notevoli differenze di sensibilità quanto alla rapidità dell'impressione, cosicchè in fine non si sono adoperate che lastre ordinarie Cappelli: lo sviluppo delle negative si eseguiva con il *cristallos*, che ha sugli altri sviluppi il vantaggio di potersi graduare a piacere e di dare una certa morbidezza alle tinte chiare ed oscure. Fissate all'iposolfito sodico, come d'ordinario, lavate ed asciugate, le negative possono conservarsi indefinitamente.

La fluorescenza e i raggi di Röntgen.

Colpito sino dalle prime prove dalla stretta correlazione che passa fra la intensità della fluorescenza delle pareti dei tubi di Crookes e la loro capacità ad emettere i raggi di Röntgen, pensai che la luce delle sostanze fluorescenti potesse essere accompagnata da questi ultimi raggi: tale mia opinione, manifestata in famigliari discorsi ad alcuni, venne, non so come, riportata da un giornale cittadino (1). Nella mia conferenza pubblica tenuta il dì 26 gennajo esposi chiaramente la stessa idea, come può vedersi nel largo sunto che venne pubblicato nella *Perseveranza* del 30 gennajo: ivi difatti si legge: “ *Il fenomeno dell'attività fotografica di questi raggi deve essere legato a quello della fosforescenza del tubo di Crookes e molto probabilmente anche a quella del vetro su cui è distesa la pellicola sensibile.* „ E nel giornale *L'Elettricità* del 2 febbrajo un redattore di quel periodico, riferendo alcune mie idee sull'argo-

(1) Vedi *Lombardia* del 21 gennajo 1896: *La fotografia dell'invisibile sperimentata a Milano*.

mento, a pagina 70, scrive quanto segue: *io sono d'opinione che tal fenomeno (si allude all'impressione fotografica dei raggi X) sia prodotto dalla fluorescenza destata dai raggi stessi nel vetro sul quale è disposta l'emulsione di gelatina: molto probabilmente variando questo supporto il fenomeno verrebbe modificato.*

Ci tengo a far notare che io avevo manifestata tale opinione prima ancora che comparisse la nota originale del Röntgen, dove di poi con piacere potei leggere che l'illustre fisico aveva la stessa idea quanto all'attitudine che hanno i raggi X d'impressionare le lastre, e prima che il sig. Poincaré nella *Revue générale des sciences* (1) emettesse l'opinione che la luce delle sostanze fluorescenti contenesse i raggi X. Ivi difatti il signor Poincaré si domanda " si tous les corps dont la fluorescence est suffisamment intense, n'émettent pas, outre les rayons lumineux, des rayons X de Röntgen, quelle que soit la cause de leur fluorescence? Les phénomènes ne seraient plus alors liés à une cause électrique. Cela n'est pas probable, mais cela est possible et, sans doute, assez facile à vérifier „.

Nella memoria poi dei professori Battelli e Garbasso sopra i raggi di Röntgen, comparsa qualche giorno dopo nel fascicolo di gennajo del *Nuovo Cimento*, è chiaramente indicato un metodo di abbreviare la posa, collocando lo strato sensibile su un sostegno fluorescente fatto con una carta preparata al platino-cianuro di bario.

Ho voluto riferire tutte queste date più per accertare l'importanza attribuita fin da principio dai diversi sperimentatori alla fluorescenza nel fenomeno della emissione dei raggi X e della impressione delle lastre sensibili, che per reclamare la priorità dell'osservazione; poichè è naturale che quando moltissimi si occupano con alacrità meravigliosa dello stesso argomento, arrivino indipendentemente a formulare identiche ipotesi ed ottenere i medesimi risultati.

Riferirò più innanzi le mie esperienze in quest'ordine d'idee: intanto è bene notare che il procedimento di Winkelmann e Straubel (2), per abbreviare la durata di esposizione, il quale ha recentemente sollevato un certo rumore, non è punto nuovo nè per l'idea nè per l'applicazione, dappoichè esso in ultima analisi consiste nel porre dietro la lastra sensibile uno strato di fluorite, la quale diventando luminosa per fluorescenza nei punti colpiti dai raggi di Röntgen, agevola, secondo gli Autori, l'impressione fotografica. E questa cosa era stata eseguita antecedentemente dai professori Battelli e Garbasso, che però, invece della fluorite, adoperarono, come ho ricordato, uno schermo di platino-cianuro di bario. Ma se l'ipotesi che le sostanze rese in qualunque modo fosforescenti e fluorescenti possano emettere dei raggi di Röntgen è logica, l'esperienzè però da me fatte non la confermano. Seguendo difatti l'ordine d'idee che sino dal principio m'era sorto nella mente, siccome ho detto, volli vedere se sostanze fluorescenti, quali la fluorescina, il vetro d'uranio, il cianuro di platino e bario, ed altre fosforescenti come un solfuro di calcio, che nell'oscurità risplende di una bella luce turchino-violetta, emettessero, comechè debolmente, i raggi di Röntgen.

A tale uopo le esperienze erano condotte molto semplicemente così: nella solita scatola di cartone, fra il coperchio e la lastra sensibile involuppata in carta nera collo strato impressionabile rivolto verso l'alto, come sempre, ponevo la solita lastra traforata di zinco; al disopra del coperchio collocavo poi le sostanze fosforescenti suddette ed esponevo il tutto per tre o quattro ore alla luce diretta del sole, che di quei giorni splendeva fulgidissimo. Se codeste sostanze avessero emesso, ancorchè debolmente, raggi di Röntgen, questi, attraversando il cartone della scatola e la carta nera onde era involta la lastra sensibile, avrebbero dovuto

(1) Tomo VII, n.° 2, 30 gennajo 1896.

(2) *Ueber einige Eigenschaften der Röntgen'schen X-Strahlen*, von Dr. A. Winkelmann und Dr. R. Straubel. Jena, Gustav Fischer, 1896.

fornire con un tempo sì lungo l'impressione del traforo metallico: ma per quanto moltiplicassi le esperienze e prolungassi sino a 10 ore l'esposizione alla luce, e spingessi lo sviluppo, non potei mai ottenere la benchè menoma impressione sulla lastra. Devo quindi concludere da queste mie esperienze, le quali furono molte e fatte con vero scrupolo, che la fosforescenza, eccitata dalla luce solare nelle sostanze da me cimentate, non è accompagnata da raggi aventi la proprietà di quelli di Röntgen.

E neppure ottenni alcuna impressione esponendo per due ore la lastra sensibile, protetta nel solito modo, molto vicino ad un tubo di Geissler, circondato da una soluzione di fluorescina, che risplendeva di una bella e viva luce, quando il tubo veniva eccitato. Il signor d'Arsonvall assicura invece d'avere ottenuta l'impressione sulla lastra sperimentando nel modo detto dianzi, ed anche col vetro di uranio; cosicchè egli conclude facilmente che tutti i corpi che emettono delle radiazioni fluorescenti di color giallo-verdastro, possono impressionare la lastra fotografica attraverso i corpi opachi; ossia i corpi fluorescenti emettono delle radiazioni che godono delle proprietà dei raggi X, conformemente all'ipotesi del signor Poincaré. Ma le mie esperienze sono in aperta contraddizione con queste del d'Arsonvall, nè credo che risultati così opposti possano essere attribuiti alla circostanza che il chiaro fisico francese — almeno da quanto si desume dalla sua comunicazione — (1) interponeva fra la lastra sensibile e le sostanze fluorescenti una lamina poco spessa di alluminio, mentre nelle mie esperienze v'era soltanto del cartone e della carta nera. Difatti poichè i raggi X attraversano la carta meglio ancora che l'alluminio, non so spiegarmi come dovesse mancare l'impressione, se realmente le sostanze fluorescenti li emettessero. Mi affretto a dir subito che il vetro d'uranio da me adoperato, foggiato a cubo e a lastra, risplende precisamente di quella viva fluorescenza giallo-verdastro che il d'Arsonvall reputa necessaria per la produzione dei detti raggi. La luce del tubo di Geissler è atta, come si sa, ad eccitare la fluorescenza o la fosforescenza delle sostanze introdotte nel loro interno o che lo circondano; ma tale fluorescenza o fosforescenza non è accompagnata dai raggi X e però non può impressionare le lastre sensibili o scaricare corpi elettrizzati, secondo la scoperta ultimamente fatta dal signor Hurmuzescu e dal prof. Righi. Tale è la conclusione che legittimamente deriva dalle mie esperienze, la quale, se non è conciliabile con i risultati del d'Arsonvall, si trova però in perfetto accordo con le esperienze eseguite nell'Istituto fisico dell'Università di Napoli dai signori F. Campanile ed E. Stromei (2). Vero è che si può eccitare in punti determinati di un tubo di Geissler una fosforescenza identica a quella di un tubo di Crookes, senza mutare il grado di rarefazione del gas; ma bisogna per questo ricorrere a tubi senza elettrodi e aumentare la potenza della scarica, adottando disposizioni particolari descritte dai signori Campanile e Stromei nella ricordata loro *Memoria*; disposizioni alle quali però non allude punto il signor d'Arsonvall, il quale ha eccitato il tubo di Geissler chiudendo semplicemente con esso il circuito secondario di una bobina di Ruhmkorff.

Avevo eseguito le prove testè riferite, quando potei aver notizie di altre esperienze fatte allo stesso intento di dimostrare che le sostanze fosforescenti emettono radiazioni, le quali hanno, sebbene in debole grado, le proprietà dei raggi X. Il sig. Ch. Henry (3) ha per esempio annunziato che il solfuro di zinco fosforescente, interposto sul cammino dei raggi emanati da un tubo di Crookes, aumenta l'intensità delle radiazioni che hanno attraversato

(1) *Comptes rendus*, tomo CXXII, n. 9, 2 marzo 1896.

(2) F. CAMPANILE ed E. STROMEI, *La fluorescenza dei raggi X nei tubi di Crookes e di Geissler*.

(3) *Comptes rendus*, tomo CXXII, 10 febbrajo 1896, pag. 812.

l'alluminio. Niewenglowski (1) ha pure riconosciuto che il solfuro di calcio fosforescente del commercio emette radiazioni che attraversano i corpi opachi. Henry Becquerel (2) infine estende questa medesima proprietà a diversi corpi fosforescenti e in particolare ai sali d'uranio.

Il modo di sperimentare di Becquerel è il seguente: egli involge una lastra sensibile in carta nera e pone sopra la carta una lastrina della sostanza fluorescente; esponendo in seguito il tutto al sole per qualche ora e sviluppando, trova la impressione in nero della sostanza fluorescente. Ove poi s'interponga, dice il chiaro fisico, tra la sostanza fluorescente e la carta un traforo metallico (siamo nelle identiche condizioni delle mie esperienze), si vede l'immagine di questo apparire sulla lastra fotografica. Avendo indi estese queste ricerche, egli trovò che siffatte radiazioni emesse dalla sostanza fosforescente, solfato doppio di uranio e di potassio, non solo sono capaci di attraversare la carta, ma benanche lamine sottili di diversi metalli. Fin qui converrebbe pensare che la proprietà di emettere raggi analoghi ai raggi X, lungi dall'essere comune a tutte le sostanze fosforescenti, sarebbe invece peculiare ad alcune, come per esempio il solfato doppio di uranio e di potassio suddetto; ma nel progresso delle sue esperienze egli trova, come Niewenglowski, che anche il solfuro di calcio, avente una fosforescenza turchino-violetta, dà gli stessi risultati dei sali di uranio e di potassio. E qui la contraddizione comincia, perchè quest'ultimo sale è proprio quello che io ho adoperato e *proteggendo bene la lastra e non solamente involgendola in qualche strato di carta nera*, il risultato è sempre stato negativo.

Passando ora all'azione degli schermi fluorescenti allo scopo di abbreviare la posa, io istituii fino dal principio le seguenti esperienze: nella solita scatola, sopra uno schermo preparato al cianuro doppio di platino e bario, il quale occupava soltanto la metà dell'area rettangolare, collocavo una lastra sensibile, stavolta, com'è naturale, non più ravvolta in carta nera. Sul coperchio della scatola poi veniva posto il solito traforo metallico e si esponeva il tutto alle radiazioni del tubo di Crookes. Se la fluorescenza dello schermo suddetto, divenuto classico dopo la scoperta di Röntgen, avesse agevolato l'impressione della lastra sensibile, una metà di questa, essendo il tempo di posa il medesimo, avrebbe dovuto mostrare una impressione più forte dell'altra; ma purtroppo il risultato non corrispose alle speranze concepite, però che la lastra rimanesse quasi egualmente impressionata nelle due metà. Ho attribuito questo risultato al fatto che i raggi X, essendo poco atti ad attraversare il vetro su cui è disteso lo strato sensibile, non potevano destare una viva fluorescenza dello schermo, e però questo doveva esercitare debole azione. Non ho potuto avere a mia disposizione pellicole autotese; in tal caso avrei certo constatato qualche utile effetto: che il sostegno dello strato sensibile abbia notevole influenza sul fenomeno, lo prova il fatto che le pellicole sensibili di celluloidi non sono quasi punto impressionate.

Il procedimento proposto di recente da Winkelmann e Straubel per abbreviare la durata della posa consiste appunto, come ho riferito innanzi, nel mettere dietro la lastra sensibile uno strato di fluorite; questa sostanza diventando fluorescente nei punti colpiti dai raggi di Röntgen agevola l'impressione. Ma io non mi faccio grandi illusioni quanto alla riduzione del tempo di posa con questo metodo, perchè la lastra di vetro su cui è steso lo strato sensibile è poco permeabile ai raggi di Röntgen, e quindi la sostanza non potrà per essi acquistare una viva fluorescenza.

(1) *Comptes rendus*, tome CXXII, 17 février 1896, pag. 335.

(2) *Comptes rendus*, tome CXXII, 24 février 1896, pag. 421.

Allora pensai di collocare sullo strato sensibile il traforo metallico di cui si voleva l'immagine, e su questo lo schermo suddetto di cianuro di platino e bario: con tale disposizione questo diventava certamente fluorescente, e il risultato ottenuto lo si può vedere nella impressione 3 (tav. I). Nella metà di destra la lastra sensibile era coperta dallo schermo fluorescente; si vedono le granulosità dovute alla mancanza di omogeneità dello schermo e al fatto che qualche cristallino più spesso è opaco per detti raggi; nella metà di destra la lastra era invece scoperta. La parte inferiore, poi, corrisponde ad una esposizione di 2 minuti e la superiore ad una di 4 minuti. Si vede bene l'azione negativa dello schermo: la lastra è rimasta meglio impressionata a sinistra, nella parte cioè non ricoperta dallo schermo, in tutte e due le pose. Cosicchè bisogna concludere che i raggi di Röntgen hanno per sè stessi un'attività fotografica maggiore di quella che può avere la luce di fluorescenza eccitata da essi.

Feci esperienze analoghe adoperando uno schermo fosforescente preparato con solfuro di calcio, il quale, esposto alla luce e portato nell'oscurità, risplende di una luce turchino-violetta intensissima, ma i risultati non variarono. Dinanzi a questi fatti resto un po' perplesso quando odo notizie stupefacenti e divulgate da giornali vari, come per esempio questa, che si può ottenere l'impressione di uno scheletro in frazioni di secondo.

Grado di trasparenza dei singoli corpi.

Non ho fatto molte esperienze su questo argomento, poichè il Röntgen prima, poi i professori Battelli, Garbasso e Vicentini e parecchi altri hanno nelle loro memorie riferiti i risultati di larghe esperienze a tale riguardo. Il metodo, come si sa, non presenta gravi difficoltà e consiste nel collocare sopra una lastra fotografica, protetta nel modo indicato, lamine di corpi diversi e di sottile spessore e di esporre il tutto ai raggi X. Il grado di trasparenza poi è dedotto da misure fotometriche. Tutta la difficoltà di tali graduazioni sta nel mettersi sempre nelle stesse condizioni di esperienza, affinchè i risultati siano comparabili.

La figura 4 (tav. I) rappresenta gradi diversi di trasparenza. I vari oggetti, fissati col mezzo di fili di piombo su di un cartone, erano collocati sul coperchio della scatola racchiudente la lastra sensibile. In alto, a destra, si vede l'ombra di un dischetto di quarzo, al quale era in parte sovrapposto un filo di piombo: si scorge bene l'ombra di questo filo spiccare in nero sull'ombra meno intensa del quarzo; segno evidente che questo si è fatto attraversare, sebbene debolmente, dai raggi X.

Sotto a tale disco, se ne vede un altro contornato da un'ombra meno forte, di forma ellittica: l'ombra circolare è dovuta a un dischetto di ottone, e l'altra ad una scatoletta di bosso, nella quale era racchiuso. Si vede che il legno di bosso a cagione della sua notevole densità, è molto meno trasparente di altre specie di legno, come l'abete, il pero, il noce, ecc., ecc.: ciò che conferma la legge enunciata dal Röntgen e confermata dal Battelli e dal Garbasso, i quali sperimentarono su molte sostanze, secondo la quale in generale i corpi sono tanto più opachi pe' raggi X quanto più sono densi. Lo spato fluore e il quarzo però, pur non essendo molto densi, mostrano una notevole opacità pe' detti raggi.

Seguitando nella descrizione della tavola, si vede, un po' a sinistra dei corpi ora descritti, l'ombra proiettata da un lapis; il legno molto permeabile non ha lasciato che una debole traccia, mentre si distingue benissimo la grafite.

A sinistra del lapis si trova una fila di perle vere e false; si vede che il grado di permeabilità è presso a poco lo stesso.

Una croce di acciaio si mostra assolutamente opaca.

In basso si scorgono le ombre di tre laminette di stagnola sovrapposte a scala, di un diamante, di un bottone di madreperla. La stagnola è opaca soltanto nel tratto corrispondente ai tre spessori; il diamante è quasi perfettamente trasparente, la madreperla al contrario lo è molto poco.

La grande trasparenza dei diamanti per questi raggi può evidentemente essere utilizzata per distinguere i veri dai falsi, che sono invece quasi del tutto opachi.

Ho fatto anche delle esperienze con foglie verdi di magnolia e di altre piante; esse hanno appena lasciato l'impressione delle nervature principali; quelle più fine e il parenchima, essendo quasi perfettamente trasparenti, sono scomparsi del tutto; nè era da aspettarsi un risultato diverso.

Spiegazione di alcune radiografie.

a) La radiografia n. 5 (tav. I) è quella di un portamonete contenente una chiave ed una moneta: si indovina appena il cuojo, che essendo grandemente permeabile, è quasi scomparso. Si potrebbe con grande facilità ottenere la radiografia dello scheletro di una mummia.

b) Il n. 1 (tav. III) è la radiografia di una rana asfissata col cloroformio; vi si possono distinguere le più delicate articolazioni: la fig. 2 di questa tavola è la stessa mano della tav. II in proporzioni ridotte.

c) Il numero 2 (tav. II) rappresenta le radiografie di un pesce e di un gambero; la parte crostacea di questo è più o meno opaca a seconda dello spessore e del carbonato calcareo onde è formata.

d) Nella tav. IV si ha la radiografia di un altro pesce; dato il piccolo spessore e la sua grande vicinanza alla lastra sensibile, le penombre sono evitate e l'ombra dello scheletro si proietta sulla lastra con grande nettezza in tutti i più minuti particolari: le impressioni degli altri due pesci sono meno nitide, forse a cagione della maggiore obliquità dei raggi.

e) La mano della tav. V è quella di un giovane sano e robusto, che però ha difettose le articolazioni delle dita, tanto che egli può facilmente rovesciarle all'indietro verso il dorso della mano stessa, così da portarle a fare con questo un angolo minore di un retto. La radiografia mostra di particolare che non v'ha alcun distacco — o è addirittura minimo — ne' capi articolari delle falangi e delle ossa del metacarpo; distacco che può essere maggiore o minore ne' diversi individui e variare secondo le età, ma che in generale si osserva sempre.

Nella tav. VI la prima radiografia è la mano di una signora, e vi si vede, oltre lo scheletro, spiccatissimo l'anello ch'essa portava, ma le carni sono ben visibili. Invece nella mano della tav. II le carni hanno lasciato appena una penombra e si vedono bene non solo le falangi, ma ancora le ossa del metacarpo, del carpo e il principio del radio e dell'ulna: mentre però la posa per quella fu di 15 minuti, per questa fu di mezz'ora e più.

Finalmente la mano 2 della tav. VI è quella di una povera giovane affetta da rachitismo: questa mano venne operata dal dott. Panzeri, che ne asportò le ossa del carpo con resezione della testa del radio e dell'ulna, perchè affette da osteite rarefacente. La mano torta e incurvata era tumida, cosicchè non si prestava ad essere radiografata, a cagione degli effetti di penombra; ma lasciandola strettamente con la scatola, l'impressione ottenuta può dirsi soddisfacente. Si vede che anche le rimanenti ossa sono rarefatte, poichè sono quasi permeabili ai raggi di Röntgen. Le fascie non hanno lasciato alcuna traccia.

Propagazione rettilinea.

Il fatto stesso della proiezione di ombre perfettamente definite di corpi rivela che, al pari delle altre radiazioni, anche queste di Röntgen si propagano in linea retta.

Ad ogni modo per constatare con dirette esperienze la cosa, ho posto davanti al tubo di Crookes n. 2 due fori circolari del diametro di 2^{cm}, praticati in lastre di zinco (il quale è opaco) bene spesso situate alla distanza di 10^{cm}: su una lastra sensibile posta al di là normalmente all'asse de' fori e protetta nel solito modo, ho ottenuto con una brevissima posa una immagine circolare circondata da penombra; e la immagine e la penombra che la circonda avevano precisamente quelle dimensioni che corrispondono alla propagazione rettilinea.

Questa esperienza prova inoltre che tutta la parete del tubo di Crookes periforme opposta al catodo (regione anticatodica) emette raggi X e non soltanto quella parte che risplende per una florescenza più viva. Ciò induce a pensare che non tutti i raggi catodici nell'interno del tubo hanno una direzione normale alla superficie dell'elettrodo emittente, ma piuttosto formano un fascio conico divergente da questo.

Riflessione e diffusione dei raggi X.

Qualunque sia la natura di queste radiazioni, consistano esse, com'è l'opinione di alcuni, fra i quali i professori Battelli e Garbasso (1), in una proiezione di particelle esilissime capaci di attraversare gli spazi intermolecolari tanto più facilmente quanto meno i corpi sono compatti, come per esempio una scarica di pallini attraverserebbe le maglie di una rete più o meno fitta; siano poi tali particelle elettrizzate come crede il Salvioni (2), o no come opina il Lodge (3); consistano invece in vibrazioni trasversali elettromagnetiche dell'etere analoghe a quelle della luce, ma di lunghezza d'onda immensamente minore, paragonabile alle dimensioni delle molecole; ovvero in pulsazioni longitudinali (sonore) dell'etere stesso, ipotesi primamente fatta dal Röntgen, appoggiata dal prof. Boltzmann e considerata favorevolmente da lord Kelvin, mi pareva cosa strana che detti raggi non avessero — in parte almeno — a riflettersi regolarmente sulle superficie ben levigate appartenenti a corpi di notevole densità come l'acciajo e il mercurio. Ho pertanto voluto istituire delle esperienze sulla riflessione, ed ho in verità potuto constatare la regolare riflessione di detti raggi su uno specchio levigatissimo di acciaio, e la diffusione loro su una lastra di zinco pulita sì, ma non speculare al punto di fornire immagini nette.

La fig. 3 (tav. III) che è, come tutte le altre, la riproduzione fedele in fototipia delle negative fotografiche ottenute, mostra quanto ho detto. Io avevo difatti limitato un fascio di raggi di Röntgen per mezzo di due fori di forma quadrata praticati in due spesse lastre di zinco, situate parallelamente alla distanza di 10^{cm}: tale fascio cadeva a 45° sopra lo specchio d'acciajo suddetto, e sulla direzione che avrebbero dovuto avere i raggi riflessi regolarmente era collocata una lastra sensibile chiusa nell'a solita scatola con il monogramma di zinco; la lastra poi era difesa dalle radiazioni dirette del tubo di Crookes dai due schermi. La distanza, contata secondo il cammino dei raggi, dal tubo alla lastra non superava i 18^{cm}.

(1) *Nuovo Cimento*, gennajo 1893.

(2) *Studi sui raggi di Röntgen*. — *Atti dell'Accademia medico chirurgica di Perugia*, vol. VIII, fasc. 1-2.

(3) *L'Eclairage électrique*, 15 février 1896.

Dopo un'ora e mezza di posa, la lastra sviluppata ha mostrato il disegno della figura in un canto, nel luogo appunto che corrispondeva alla direzione dei raggi riflessi regolarmente. Si vede l'immagine dell'apertura quadrata ingrandita giusta vuole la teoria geometrica della propagazione rettilinea, nella misura che si può prevedere conducendo la tangente ai lati opposti delle due aperture quadrate come si fa per descrivere il cono di penombra: il resto della lastra non mostra traccia di impressione, la qual cosa prova che la riflessione è avvenuta in modo ben regolare.

Se la lastra fosse stata impressionata direttamente, attraverso i fori degli schermi, due soli minuti sarebbero bastati per avere un'immagine molto più forte; questo insegna che il potere riflettente dello specchio d'acciaio pei raggi in quistione è piccolissimo: forse il risultato negativo ottenuto da altri sperimentatori (1) che istituirono esperienze allo stesso scopo è dovuto al fatto che la posa non fu sufficiente. Che di fatti questa debba esser lunga s'intende subito riflettendo che attraverso i fori degli schermi non passa che un fascio ben li-

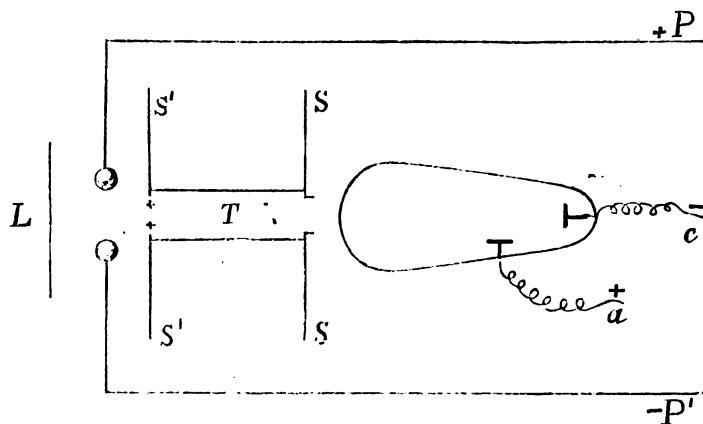


Fig. 1.

mitato di raggi X e che il potere riflettente, come si è detto, è molto piccolo in confronto di quello della luce ordinaria.

La fig. 4 (tav. III) mostra poi l'immagine ottenuta per la riflessione di detti raggi, nelle identiche condizioni, sulla lastra di zinco dianzi detta. Si vede che i raggi stavolta si sono riflessi irregolarmente; non si ha più l'immagine ingrandita de'fori quadrati, ma tutta la lastra è dove più dove meno impressionata; nè un risultato diverso si sarebbe ottenuto con la luce. Stando a questa esperienza, parrebbe che la riflessione di raggi X si fa come quella della luce, salvo che il potere riflettente pe'vari corpi è piccolissimo.

Rifrazione in un campo elettrostatico.

Qualora i raggi di Röntgen consistessero in una proiezione di tenuissime particelle elettrizzate, essi dovrebbero deviare dal retto cammino, rifrangersi cioè in un potente campo elettrostatico. È quello che ho voluto provare: a tale uopo sul foro quadrato dello schermo S', più lontano dal tubo di Crookes, collocai due fili metallici paralleli al lato verticale dell'apertura, in modo da dividere questa in tre strisce parallele e all'incirca eguali (fig. 1).

(1) *Comptes rendus*, Tom. CXXII, pag. 126. Jean Perrin.

La scatola di cartone contenente la lastra *L* era disposta alla distanza di 5^{cm} dall'apertura suddetta, in posizione verticale, normalmente all'asse delle due aperture; sul suo coperchio poi era fissato parallelamente agli altri due un terzo filo metallico in una posizione intermedia ad essi. Uno schermo di piombo proteggeva intanto la metà superiore della lastra esposta all'azione de'raggi X emessi dal tubo di Crookes, e si prolungava la posa per un 10 minuti. Ciò fatto, si scopriva all'azione de'raggi X la metà superiore e si copriva invece la inferiore, senza, s'intende, spostare menomamente la lastra; e di più si eccitava un potente campo elettrostatico fra due sferette isolate distanti 3^{cm}, interposte sul cammino de'raggi fra il 2.^o foro e la lastra, e comunicanti con le armature interne di due condensatori di una potente macchina a induzione di Voos. Si girava il disco della macchina con lentezza, affinché le scintille scoccassero rade e il campo si annullasse solo per brevi istanti, e si proseguiva l'esperienza per lo stesso tempo. Se i raggi di Röntgen avessero risentito l'azione del campo elettrostatico, le ombre de'due fili, di cui l'apertura quadrata era fornita, non avrebbero dovuto essere sul prolungamento l'una dell'altra; ma la impressione fotografica 5 (tav. III) mostra invece che le due immagini sono esattamente l'una sul prolungamento dell'altra. Tali immagini, essendo i due fili distanti un 5^{cm} dalla lastra sensibile, sono, com'è naturale, ingrandite e sfumate, ma nondimeno i contorni si scorgono abbastanza bene per asserire che non si è verificata alcuna rifrazione.

Per accertare sempre meglio la cosa, ho limitato il fascio con due strette fenditure, disposte parallelamente, delle quali chiudevo con foglie di piombo prima le metà superiori, e poi, quando si eccitava il campo elettrostatico, le metà inferiori. Sulla lastra sensibile si ottenevano così le immagini delle semifenditure, che avrebbero dovute non essere sul prolungamento l'una dall'altra se i raggi avessero subito una qualche rifrazione. Ma la fig. 6 (tav. III) abbastanza netta, mostra che non c'è stata deviazione alcuna.

I raggi di Röntgen non risentono dunque l'azione di un campo elettrostatico.

Rifrazione in un campo magnetico.

Dopo queste esperienze, era naturale che mi studiassi di vedere se la rifrazione in discorso si verificasse o meno in un campo magnetico.

L'esperienze di Röntgen, di Lodge e di altri, istituite a tale riguardo nell'aria alla densità ordinaria, hanno condotto a un risultato negativo; ma bisognava vedere se la detta rifrazione si verificasse nel vuoto, nelle stesse condizioni cioè nelle quali si constata la deviazione de'raggi catodici dentro il tubo per mezzo di un campo magnetico.

Le proprietà de'raggi catodici, emessi cioè dal catodo in un tubo estremamente rarefatto di Crookes, furono oggetto di molti e diligenti studi: se ne occuparono, fra gli altri, lord Kelvin e J. J. Thomson che li attribuirono, come Crookes, ad un bombardamento molecolare nel gas rarefatto; Goldstein, Hertz, Ebert, Wiedemann, Ferrini, per tacere di altri, attribuirono loro invece una origine vibratoria. Della opinione di questi ultimi è anche il dott. Lenárd, che fu preparatore di Hertz, e che ne ha fatto uno studio assai accurato.

Si sa che i raggi catodici si propagano nell'interno del tubo in linea retta; che essi sono deviati da una calamita, e ultimamente Gaston Segny (1) ha mostrato che possono

(1) *Comptes rendus*, 20 janvier 1896.

subire la riflessione. Ma si era studiata solamente la loro propagazione nel mezzo estremamente rarefatto del tubo, quando Lenárd poté mostrare ch'essi si propagano anche nell'aria alla pressione ordinaria, utilizzando, per farli uscire dal tubo, la proprietà scoperta da Hertz ch'essi hanno di attraversare facilmente sottili lamine di alluminio. A tale uopo, come è noto, Lenárd costruì un tubo di Crookes speciale, praticando nell'estremità del tubo opposto al catodo un'apertura, che poi chiudeva con una foglia sottile d'alluminio, impermeabile all'aria e trasparente invece pei raggi catodici. Questi sono invisibili, ma possono essere studiati in grazia della fosforescenza che destano in certe sostanze; dippiù Lenárd scoprì ch'essi sono atti a impressionare la lastra fotografica ed hanno il potere di scaricare rapidamente i corpi elettrizzati. Lo stesso fisico riconobbe inoltre che una calamita devia i detti raggi anche nell'aria alla pressione ordinaria. Tali proprietà peraltro potevano essere studiate soltanto a poca distanza dall'apertura chiusa con alluminio, poichè l'aria è per siffatte radiazioni un mezzo torbido, nel quale si diffondono e indeboliscono presto. Finalmente Lenárd poté concludere dalle sue esperienze sulla deviazione de'raggi in un campo magnetico l'esistenza di raggi catodici di differenti specie, diversamente atti ad eccitare la fosforescenza e a risentire l'azione di una calamita: e propriamente alcuni di detti raggi sono deviati, altri no; e i primi sono quelli che più facilmente si diffondono nel mezzo.

Diremo, per amore di chiarezza, raggi di Lenárd quelli usciti dal tubo di Crookes nell'aria, attraverso l'apertura chiusa con alluminio: — dopo la scoperta di Röntgen è cosa chiara che essi dovessero formare una radiazione complessa; vale a dire essi contenevano i raggi catodici propriamente detti, la cui proprietà caratteristica è quella di ubbidire all'azione di un campo magnetico, e i raggi X che da questo non risentono azione alcuna. Va da sè che resta impregiudicata la quistione se i raggi X esistano originariamente nel tubo insieme ai raggi catodici, oppure se essi prendono origine sulla parete del tubo o altro ostacolo che si opponga alla libera propagazione di questi ultimi.

Bastano questi rapidi cenni per convincersi che i raggi catodici hanno delle proprietà molto affini a quelle dei raggi di Röntgen; ma tuttavia le due specie di raggi non possono per le dette ragioni essere confuse. Giova inoltre ricordare che i raggi catodici non possono attraversare le pareti di vetro del tubo, a meno che queste non siano infinitamente sottili. Delle due ipotesi suddette finora i più inclinano a ritenere esatta la seconda, vale a dire che i raggi Röntgen siano originati sul vetro insieme alla luce fosforescente, per azione dei raggi catodici: l'esperienza mostra di fatti che il punto *principale* di emissione de'raggi X coincide con la macchia fluorescente destata dai raggi catodici (1). I raggi catodici si diffondono estinguendosi rapidamente nell'aria, come l'ha osservato Lenárd, il quale non poteva

(1) Questa memoria era in corso di stampa, quando mi è pervenuto un lavoro del prof. Battelli che contiene nuove e interessanti esperienze sulle azioni fotografiche nell'interno dei tubi di scarica. Secondo il chiaro fisico dell'Università di Pisa i raggi che partono dal catodo nell'interno dei tubi di scarica hanno azione fotografica, e fra i raggi impressionanti alcuni sono deviati dal magnete, altri no. Il Battelli dalle sue esperienze conclude pertanto che i raggi di Röntgen esistono già nell'interno del tubo insieme con i raggi catodici ordinari, ed escono essi soli all'esterno, se le pareti del tubo sono alquanto spesse.

Le sue prove sono basate sull'effetto fotografico in

una lastra sensibile introdotta nell'interno del tubo a vuoto; sarebbe importante di constatare la stessa cosa con altri effetti prodotti dagli stessi raggi, come p. es. quello di fluorescenza. Poichè i raggi catodici propriamente detti sono deviati da una calamita nell'interno del tubo, e i raggi X non lo sono, almeno in parte, ed entrambe le radiazioni hanno d'altro canto la proprietà di destare la fluorescenza del vetro e di tante altre sostanze, parrebbe che in tal caso dovessero osservarsi due macchie fluorescenti sulla parete del tubo, l'una dovuta ai raggi catodici deviati, l'altra a quelli X, che vanno dritti.

constatarne gli effetti, come si è detto, che a breve distanza dalla finestrella del tubo chiusa colla lamina di alluminio; invece i raggi X seguono nella loro propagazione, come l'ha provato Röntgen, la legge dell'inversa del quadrato della distanza, ciò che non potrebbe accadere, se essi, come avviene de' catodici, fossero rapidamente assorbiti. Godono, è vero, entrambi la proprietà di riflettersi, sebbene debolmente; ma mentre un campo magnetico devia i raggi catodici, i raggi di Röntgen, al contrario, non risentono alcuna azione, siccome or ora vedremo neppure nel vuoto. Tale caratteristica proprietà distingue in modo assoluto le due specie di radiazioni. È per questa ragione che è del più grande interesse la ricerca alla quale alludevo in principio: dopo questa digressione, passo a descrivere brevemente l'esperienza da me fatta a tale riguardo.

Ho preso un ampio e spesso schermaglio S di zinco, con un'apertura circolare di 35^{mm}. di diametro: un tubo di vetro T lungo 12^{cm}. circa e del diametro interno di 4^{cm},2 ha lateralmente un'appendice, per mezzo della quale può essere riunito ad una pompa a mercurio P di Sprengel (fig. 2): le sue basi, lavorate finamente a smeriglio, sono munite di due ghiera metalliche, sulle quali con un po' di grasso si adattano a perfetta tenuta d'aria, due dischi di alluminio ben piani, spessi ciascuno 1^{mm},5 circa. Uno de' detti dischi di alluminio chiude l'aper-

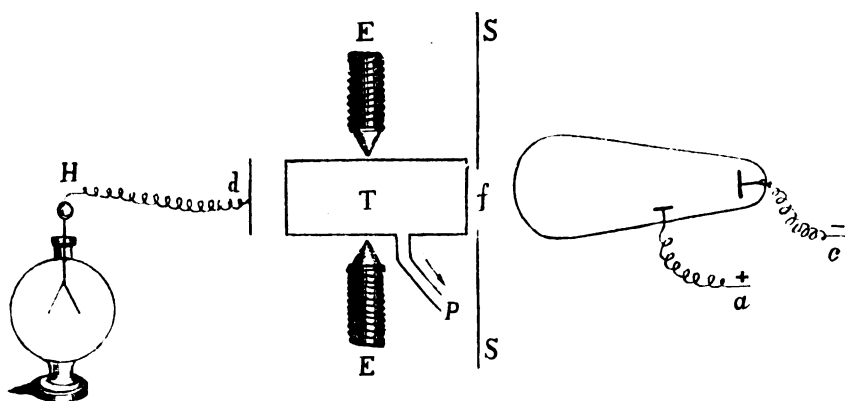


Fig. 2.

tura circolare dello schermaglio, con il quale è in contatto, mentre dall'altra parte del foro si trova il tubo di Crookes con gli apparecchi che servono ad eccitarlo. Il tubo di vetro passa fra le espansioni polari di un'elettrocalamita E , e di fronte alla sua base più lontana dallo schermo è collocato, a breve distanza da essa, un disco d di ottone del diametro di 5^{cm}, portato da un isolatore di Mascut e congiunto col mezzo di un filo conduttore alla sferetta di un elettroscopio H a foglie d'oro. L'isolamento essendo buono, quando si dà al sistema una carica qualunque, le foglie d'oro restano a lungo divergenti e immobili. Ma non si tosto il tubo di Crookes viene eccitato, esse si chiudono e si abbassano rapidamente. Tale dispersione della carica elettrica, analoga a quella operata dai raggi ultra violetti, è dovuta, come pei primi hanno scoperto L. Benoit e Hurmuzescu (1) e il prof. Righi (2), alle radiazioni di Röntgen, le quali, dopo avere attraversato nel mio caso i dischetti di alluminio che chiudono le basi del tubo T , arrivano sino al disco d'ottone isolato d comunicante con l'elettroscopio.

Si intende che il tubo di Crookes deve essere disposto, affinché l'effetto sia il più cospicuo possibile, con la parete resa fluorescente dai raggi catodici dinanzi all'apertura chiusa

(1) *Comptes rendus*, 3 février 1896.(2) *Sulla produzione di fenomeni elettrici col mezzo*| *de' raggi di Röntgen*. — *Rendic. dell'Istit. di Bo'logna*, 9 febbraio 1896.

dal dischetto di alluminio; ma contrariamente a quanto ha osservato il Righi (1), e d'accordo invece con le osservazioni di Borgmann e A. L. Gerchun (2), ho sempre verificato una più rapida dispersione dell'elettricità positiva che di quella negativa. È bene notare a tale riguardo che la parete del tubo di Crookes opposta al catodo l'ho sempre trovata elettrizzata negativamente; del resto mi sono accertato più volte, con le solite prove, che nè il tubo con le sue cariche elettrostatiche, nè il rocchetto esercitavano influenza alcuna sull'elettroscopio, attraverso all'ampio schermaglio di zinco messo in buona comunicazione con la terra per mezzo dei tubi del gas.

Descritto così brevemente l'apparecchio, dirò del modo tenuto nell'esperienza: si cominciava per mezzo della pompa di Sprengel, a vuotare il tubo *T*, fino ad ottenere una buona rarefazione; ciò fatto, si comunicava con una pila secca una carica positiva all'elettroscopio e si eccitava il Crookes. Con un contasecondi si notava il tempo che le foglie d'oro mettevano a chiudersi, sia quando il campo magnetico era eccitato, sia quando non lo era. Le misure ripetute molte volte non hanno dato che menoma differenza, ora in un senso ora in un'altro, attribuibili più che altro al fatto che l'efficacia del tubo di Crookes non resta assolutamente la stessa fra una prova e l'altra, e ad altre cause accidentali, come soffi di aria umida, ecc. La media della durata di scarica era di 15 secondi con la carica positiva delle foglie, e di un minuto primo circa con la carica negativa.

Ho adoperato anche per queste esperienze un altro tubo, le cui basi venivano chiuse da due dischetti di legno imbevuto e coperto di paraffina, i quali mantenevano il vuoto ed erano ancora più permeabili dell'alluminio ai raggi X. I risultati sono stati presso a poco i medesimi.

Il campo magnetico era così potente che una massa di rame in rapida rotazione vi si arrestava di botto, come nella classica esperienza di Faraday, non si tosto veniva eccitato l'elettro-magneto.

Ora, se i raggi X di Röntgen ubbidissero, al pari dei catodici, a un campo magnetico, avrebbero dovuto rifrangersi lateralmente, e una parte almeno di essi non avrebbe dovuto emergere dalla base del tubo: la conseguenza di tutto questo, com'è naturale, avrebbe dovuto essere un sensibile ritardo nella dispersione della carica dell'elettroscopio.

Ma ho voluto anche fare un'altra esperienza più decisiva, la quale servisse a togliere ogni dubbio in riguardo. A tal fine mi sono valso dell'azione fotografica dei detti raggi: al foro circolare del grande schermo ho sostituito una fenditura *f* lunga 3^{cm} e larga 0^{cm},2; una fenditura eguale *f'* limitava l'altra base di alluminio più lontana dal Crookes, e, in luogo del disco d'ottone congiunto con l'elettroscopio, collocavo una lastra sensibile *L* chiusa nella solita scatola (fig. 3), e posta molto vicina alla base del tubo *T*.

La metà superiore della lastra sensibile era coperta da uno schermo di piombo, e si faceva funzionare il tubo di Crookes per 10 minuti senza eccitare il campo magnetico; poi si copriva invece la metà inferiore e si eccitava il campo. L'impressione 7 (Tav. III), mostra l'impressione ottenuta; le due metà hanno esattamente lo stesso aspetto, il che non avrebbe potuto verificarsi, se i raggi X avessero deviato dalla loro propagazione rettilinea nel campo magnetico; in tal caso difatti la metà inferiore della fenditura avrebbe dovuto rimanere impressa in grado assai minore dell'altra.

(1) *Sulla dispersione dell'elettricità prodotta dai raggi di Röntgen.* - Rendic. Accad. Lincei, Sed. 1 marzo 1896.

(2) *Comptes rendus*, 17 février 1896.

Vol. XVIII, IX della serie III, cl. sc. matem. nat.

Ho ripetuto quest'ultima esperienza, variandola un poco; ho cioè limitato il fascio dei raggi X, prima che arrivassero al tubo T, con due fenditure eguali f, f' (fig. 4) poste alla distanza di 5^{cm}: così attraverso il tubo si propagava un fascio di raggi ben limitato e la immagine della semi-fenditura inferiore, prodotta dai raggi che si sono propagati attraverso il campo magnetico,

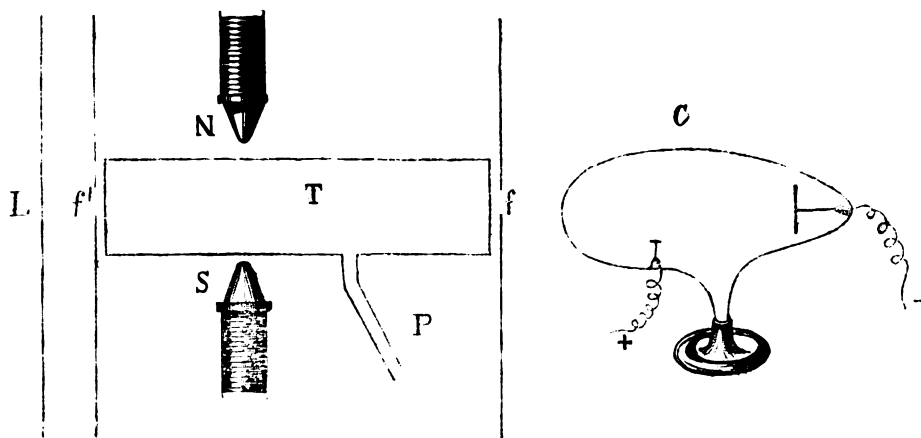


Fig. 3.

dovrebbe vedersi spostata rispetto a quella della semifenditura superiore, ottenuta senza l'eccitazione del campo suddetto. Ma invece le due immagini, più larghe a cagione della distanza della lastra dalle dette fenditure, mostrano chiaramente, essendo l'una sul prolungamento dell'altra, che non si è verificata rifrazione alcuna: vedi fig. 8 (tav. III).

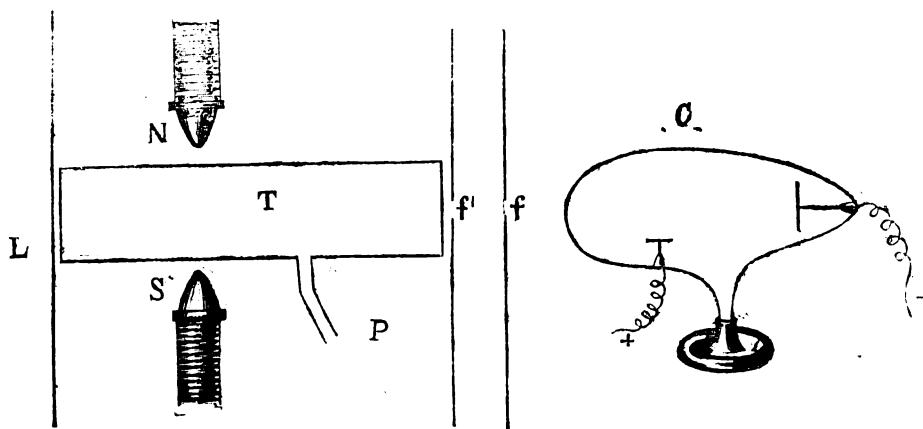


Fig. 4.

Da queste esperienze pare dunque che si possa legittimamente concludere che, i raggi X di Röntgen non sono da confondere con i raggi catodici propriamente detti, la caratteristica de' quali è quella di essere deviati da una calamita; e che i raggi X non possono neppure consistere in una proiezione di particelle elettrizzate.

Le esperienze di Lafay (1) le quali dimostrano come la rifrazione de' raggi X avvenga in un campo magnetico, ma soltanto dopo che essi hanno attraversato una lastra metal-

(1) *Comptes rendus*, 23 mars 1896.

lica elettrizzata, nel mentre confermano da una parte le mie esperienze, dall'altra sono un forte argomento contro la ipotesi che fa consistere i raggi X in onde ultra-violette di brevissime lunghezze, paragonabili alle dimensioni delle molecole; non si saprebbe difatti in tal caso spiegare la deviazione loro in causa della elettrizzazione.

CONCLUSIONE.

Nel pubblicare questa memoria sui raggi di Röntgen, mio precipuo intento è stato quello di dar conto delle esperienze da me fatte, e di concorrere secondo le mie deboli forze allo studio del fenomeno.

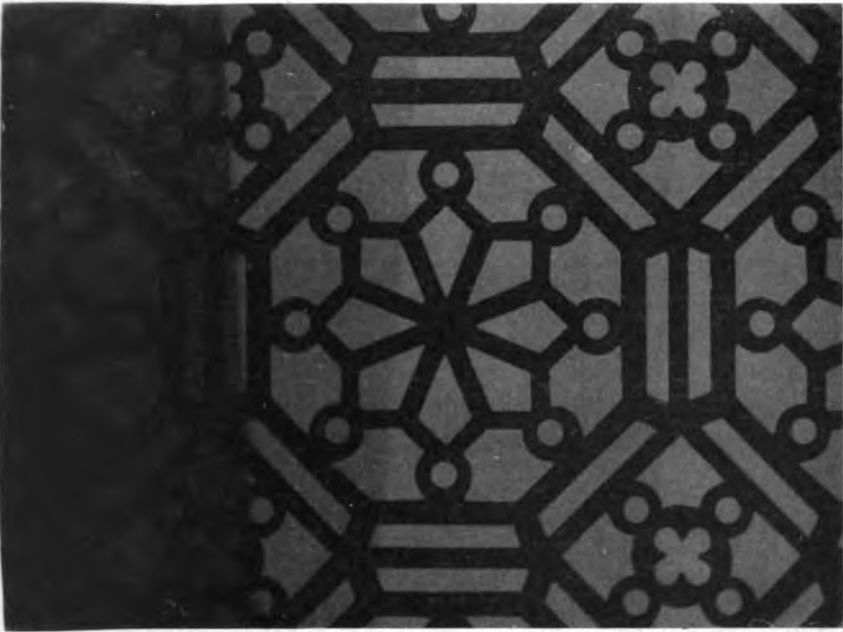
Degli esperimenti istituiti sull'argomento da altri fisici ho ricordato quelli solamente, che hanno con i miei una più stretta relazione; e non mi sono punto preoccupato se alcuni risultati non vanno troppo d'accordo con quelli di altri: si sa che molto dipende e dai mezzi adoperati e dalle condizioni delle esperienze.

Non ho neppure inteso di discutere le varie ipotesi e opinioni messe innanzi per spiegare la natura de' nuovi raggi, parendomi cosa fuori di luogo in una memoria modesta come la mia, ed anche prematura: a far questo occorre una maggior somma di fatti ben certi, sui quali non possa cadere dubbio di sorta. Nello stato presente della quistione, la verità è che ciascuna ipotesi ha favorevole un certo ordine di fatti, ma ne ha contrario qualche altro.

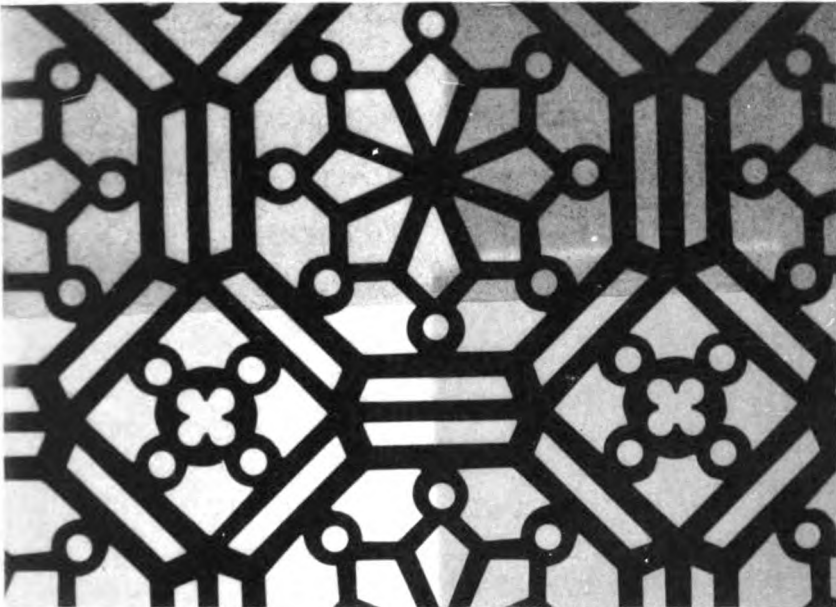
È probabile che i raggi X formino una radiazione complessa; ma mancando la dispersione, manca la prova diretta della cosa. Il luogo d'onde emanano nel tubo è ancora incerto; la velocità della loro propagazione è sconosciuta, nè alcuna esperienza ancora ci ha messo in grado di determinarne la lunghezza d'onda, posto che essi consistano in un moto oscillatorio dell'etere.

Essendo così le cose, diviene naturale il più prudente riserbo.

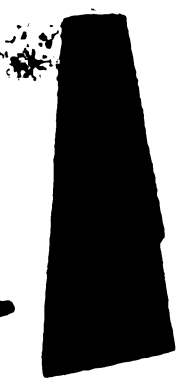
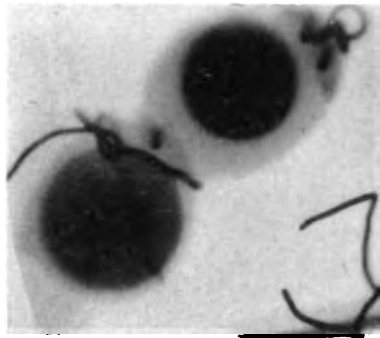
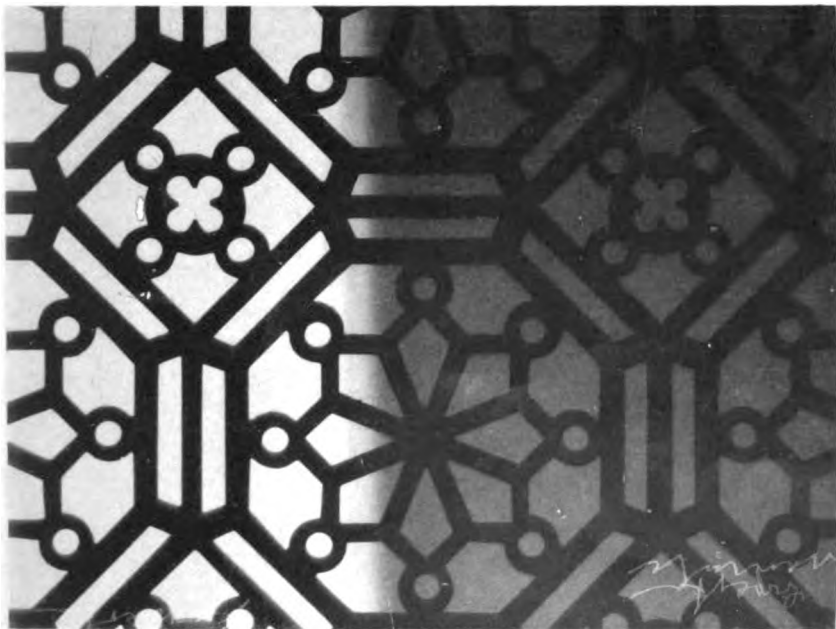
2.



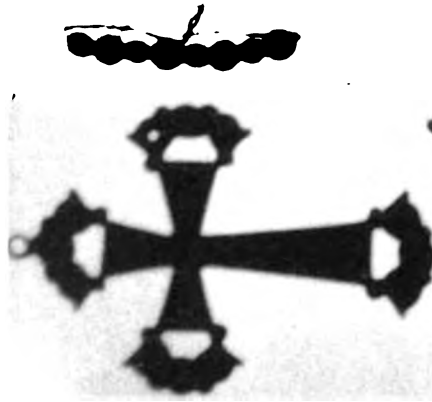
3.



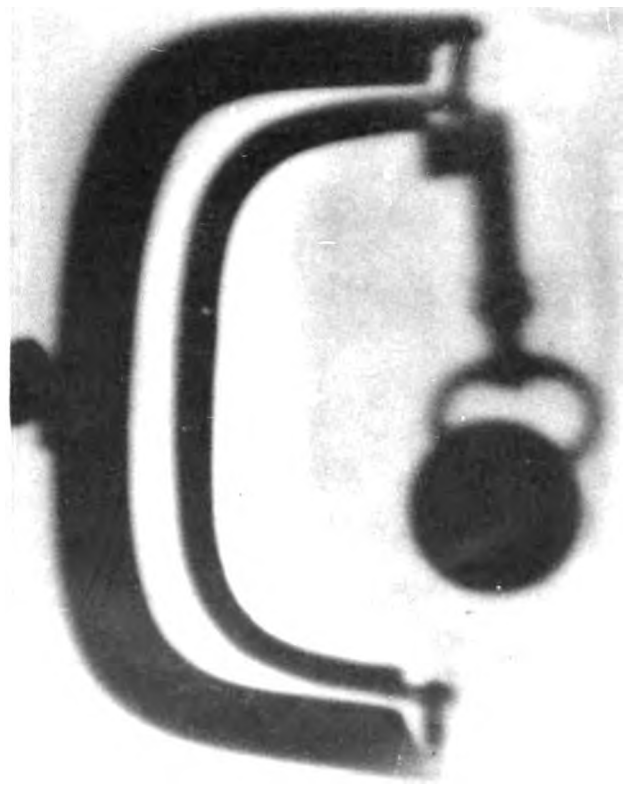
1.

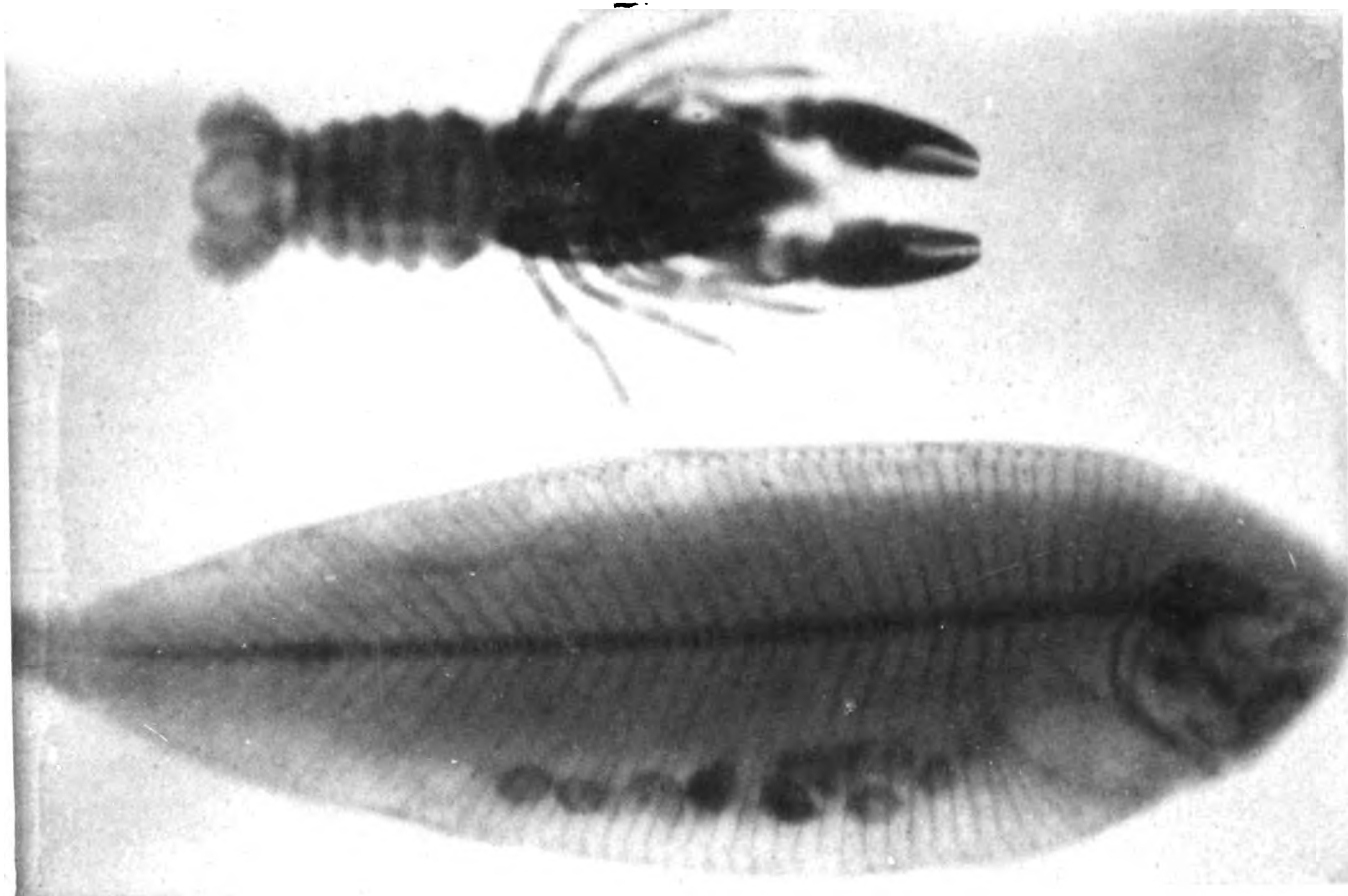


4.



5.





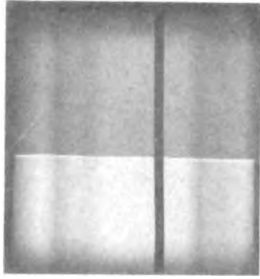
2.



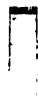
1.

TAVOLA III.

5.



6.



4.

8.



7.



3.

2.



1.



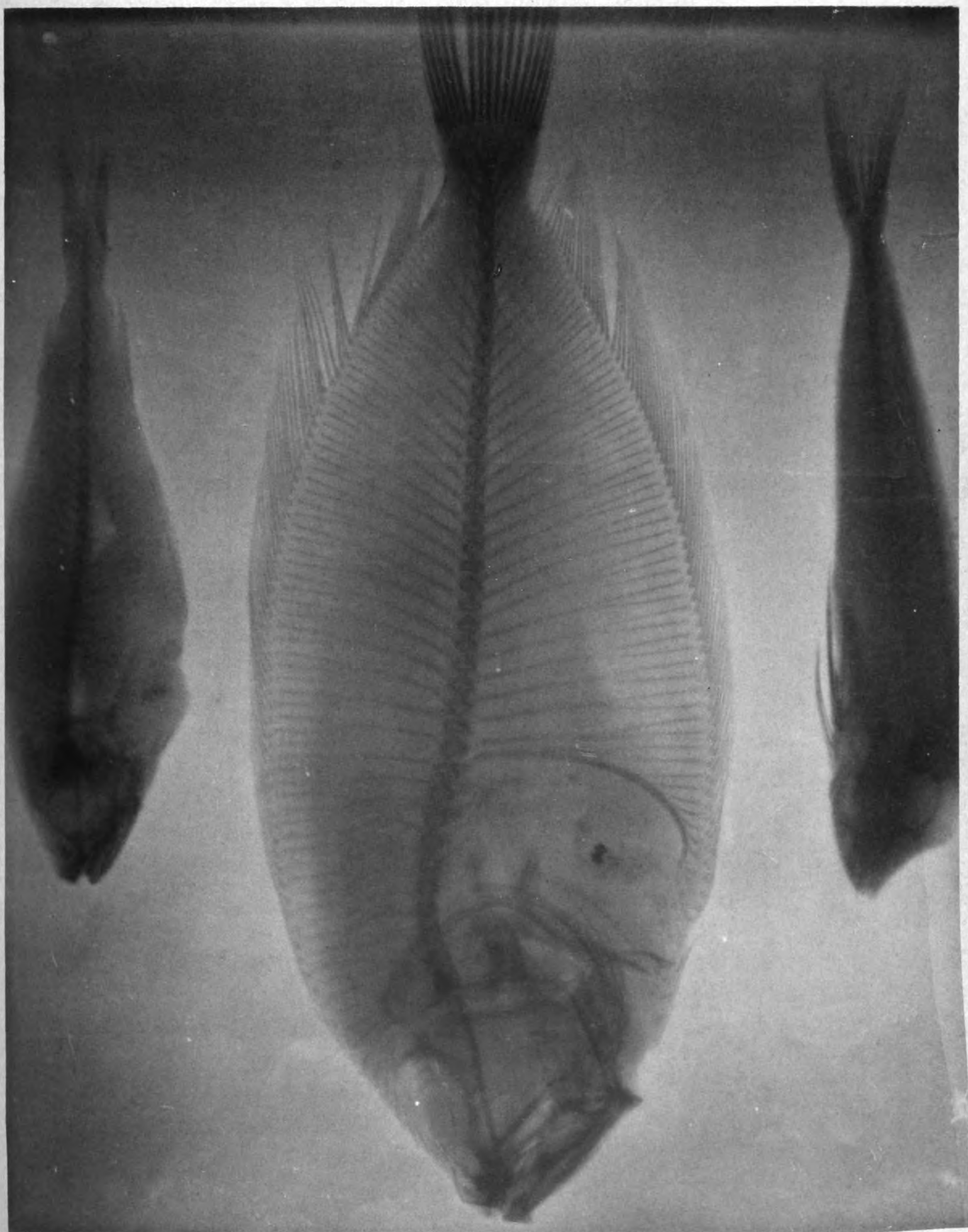


TAVOLA V.



1.



2.



Fasc. II (vol XVIII = IX della serie III)
Acquisto 8-12-1896 N. 114 - L. 0.10.

RARISSIME ANOMALE CONFORMAZIONI CONGENITE ED ACQUISITE DEL PANCREAS E DEI TESTICOLI.

OSSERVAZIONI E STUDI
del M. E. prof. G. SANGALLI,

letti nella seduta del 2 febbrajo 1896.



In queste pagine espongo quanto di più interessante e raro nel mio più che quarantenne insegnamento dell'anatomia patologica, nell'università ticinese, osservai sul punto delle malconformazioni del primo sviluppo del pancreas e dei testicoli dell'uomo; sullo svolgimento arrestato e parzialmente degenerato di questi organi maschili nella prima età, simulante anomale primitive conformazioni. A cosiffatte alterazioni soggiungo in altro scritto la descrizione d'una straordinaria, forse non mai osservata, conformazione d'un ventriglio di gallo, quale curiosità per gli studiosi della teratologia dei gallinacei.

Siamo in tempi di mostruosi avvenimenti in fatto di politica, di finanze pubbliche e private, di socialità, di moralità, e non parmi fuori di proposito, che io pure in questo onorevole Consesso continui a riportare quanto di più straordinario mi venne fatto d'osservare nella costituzione organica dell'uomo e degli animali. Tutto concorre alla cognizione intima di quello, tutto al sapere che lo eleva al disopra di questi.

Sul fondamento di siffatte osservazioni avrò occasione di richiamare la differenza che passa tra le malconformazioni d'organi nel primo sviluppo del germe, e quelle che hanno origine sia nell'embrione completo (nel feto, se pur vuolsi dire), sia nei primi tempi della vita extrauterina, massime per arresto totale o parziale dello sviluppo dei medesimi.

I.

ANOMALIE DI PRIMA FORMAZIONE DEL PANCREAS.

A). *Pancreas accessori* (tav. VII, fig. 1^a).



Nel mio esercizio anatomo-patologico nell'università ticinese fino a quest'anno, quanto ad alterazioni di primo sviluppo del pancreas in individui ben conformati (1), io aveva riscontrato un solo caso di lobulo soprannumerario, cresciuto distante dall'organo, tra la mucosa e muscolare del primo tratto del duodeno.

(1) Con questo inciso intendo escludere simili deformità, che possono aversi in mostri d'incompleto sviluppo.

Benchè al tempo della mia osservazione non mi fossero per anco noti simili casi da altri anatomici riscontrati, non dubitai di riconoscere in quello che mi si presentava un pancreas soprannumerario in base alla struttura interna di quel lobulo, e per tale lo riposi nel mio museo anatomo-patologico sotto il N. 246 *ante*, della classe — *Alterazioni degli organi dell'apparato della digestione e dei connessi*.

Ecco come mi si presentò quel primo caso. Nella sezione del cadavere di donna d'anni 50, morta per tubercolosi cronica dei polmoni, trovai la mucosa della parte posteriore della prima porzione del duodeno, innanzi lo sbocco del duto pancreatico, rialzata per l'estensione di due centimetri in tondo, differente dall'attigua per nessun carattere. Il rialzo con l'incisione di esso conobbi formato da una piastrina di tessuto bianco-giallognolo, di superficie lievemente acinosa, non circondato da adipe. La struttura acinosa apparve chiara massime sulla superficie dei tagli fatti entro di esso, però meno spiccata di quella del pancreas.

Al microscopio, più che lobuletti o vescicole contenenti cellule di carattere epiteliale come nel pancreas normale, in quella piastra vedevasi un tessuto fibroso, in vari tratti flessuoso e disposto in modo da lasciare degli spazi di varia grandezza e forma, ripieni di cellule, dove d'apparenza epiteliale, dove piccole, linfoidi. In alcuni posti, sia per effetto della distruzione di quella struttura, sia per il mancato compimento di essa, vedevasi una materia finamente granulosa o un tessuto fibrillare sparso di piccole cellule rotonde, di aspetto linfoide. Nessuna traccia di duto escretore.

Il pancreas trovavasi in normali condizioni.

Dopo quest'osservazione, a conferma del mio giudizio, ho trovato, che Zenker pubblicava cinque casi di pancreas accessori nelle pareti di vari tratti dell'intestino tenue (1). In uno di questi un tal pancreas era posto all'estremità d'un diverticolo vero dell'ileo, 5 1/2 centim. distante dalla valvola ileo-cecale.

Anche Klob diede conto di due casi simili (2). In uno il pancreas accessorio, come egli per il primo lo chiamò, era tra le membrane della grande curvatura dello stomaco.

Da quella mia prima osservazione in poi, dopo l'autopsia di non meno di 10000 cadaveri, soltanto in quest'anno potei riscontrare altre due rare anomalie della primitiva conformazione del pancreas, differenti da quelle degli accennati anatomo-patologi. Però uno di questi due casi sta in relazione con l'esposto, e tal poco spiega, come possano trovarsi pancreas soprannumerari lontani dal normale. In vero in quello che passo ad esporre, dai margini dell'organo normale propendevano lobuli accessori mediante cordoncini o strisce di tessuto fibroso connessi con quello.

Il caso venne riscontrato nell'autopsia del cadavere d'un vecchio d'anni 77, morto per sarcoma esulcerato del piloro, complicato con ipertrofia eccentrica molto pronunciata del cuore. Nessuna diffusione del sarcoma al pancreas, nè ad altri organi; nessun'alterazione, che potesse indicare qualche precedente sconcerto della funzione di quello.

L'organo, della lunghezza presso a poco normale (centim. 32), appare smilzo, sottile, di superficie ineguale, massime sui margini, per la ragione che si vedrà (*fig. I*). In questa superficie gli acini sono poco rilevati, sbiaditi. Il capo vedesi quale una piastra

(1) *Nebenpancreas in der Darmwand*. Arch. pathol. Anat. und Phys. Band 21, S. 369.

(2) *Zeitschr. der Gesell. d. Wien. Aerzte*. Band 46, S. 732.

ovale, col massimo diametro di mm. 7 diretto verticalmente, di superficie quale quella di tutto l'organo (*a*). Verso la metà del margine interno di questa comincia il corpo, della forma di grossa striscia, piatta, ineguale soprattutto ne' suoi margini per restringimenti e allargamenti del tessuto, che la costituisce. Ineguale è ancora sulla superficie anteriore, oltre che sui margini, per la sporgenza di alcuni lobuletti aderenti soltanto per un corto cordoncino fibroso. Questa parte dell'organo, rispondente al corpo, è lunga cent. 24: nella metà che guarda il duodeno è più sottile che nell'opposta.

Questa seconda parte termina all'ilo della milza come di solito, del qual organo nella *fig. I. b*, è indicato un tratto. Nel tessuto connettivo, che la trattiene a questo, sono nascosti due piccoli globetti di colore turchino, che si riconoscono ai loro caratteri per due milze succenturiate.

Sul margine superiore del corpo del pancreas decorre, come nella norma, l'arteria splenica, che qui è molto ingrossata, allungata, e perciò assai tortuosa, e sul proprio asse circonvoluta (*d*).

Il dutto pancreatico sussiste nel solito posto, ed è ampio anche nella parte più sottile dell'organo. Sbocca nel solito posto del duodeno insieme col dutto colledoco.

Dal tratto del margine superiore, che più avvicina il capo, sorgono due grandi lobuli piatti, ovoidi, aderenti ad esso per un cordoncino di tessuto fibroso (*c*): essi appoggiansi sulle gambe del diaframma.

Dai lati di uno di questi lobuli (l'esterno) ne sporgono altri due piccoli, connessi egualmente per strisce di tessuto fibroso con quello. Ed altri simili lobuletti pancreatici piccoli veggonsi pendere da vari tratti del corpo dell'organo.

L'esame microscopico ha rivelato in ogni parte tessuto pancreatico in istato d'atrofia, come esso trovassi nei vecchi.

Le vescicole glandulari proprie dell'organo, costituite da una membrana periferica, ricoperta internamente di cellule epiteliali pavimentose, erano scarsamente sparse nel tessuto fibrillare fondamentale. In questo vedevansi piuttosto delle zone di nuclei grandi, come fossero i resti delle primordiali cellule epiteliali in via di distruzione per l'atrofia senile. Ma in alcuni tratti v'erano veramente delle piccole zone, costituite di cellule epiteliali nucleate.

Questo vidi ancora nella piastra costituente il capo dell'organo; ma in essa preponderava un tessuto fibrillare esilissimo, sparso di granulazioni e di piccole gocce adipose. In questa parte le cellule delle vescicole pancreatiche erano anche infiltrate di finissime granulazioni adipose per la loro avviata atrofia.

Nel tessuto delle due piastre elevantisi dal margine del principio del corpo dell'organo il tessuto pancreatico era ben conservato. Vi si vedevano bene delle zone di cellule epiteliali nucleate poligone, parecchie infiltrate di granulazioni adipose, perciò diventate giallognole; tra queste erano pure delle vescicole proprie dell'organo.

Siffatta anomala conformazione del pancreas, che manifestavasi con tanti lobuli accessori sui suoi contorni, non dubito punto che abbia avuto origine nel momento della sua prima formazione. Porzioni del tessuto rudimentale dell'organo si staccavano alquanto dalla massa maggiore del medesimo; e così per la forza organica loro inerente svolgevansi di poi in piccoli tratti del suo tessuto, connessi col medesimo mediante strisce di tessuto fibroso. Talvolta pare pure, che piccoli tratti di quel tessuto rudimentale si staccino affatto dalla massa maggiore, si sperdano, a così dire, tra i rudimenti d'altri organi, e lon-

tani dal viscere, che cresce nella situazione normale, si svolgano secondo la loro forza organica. Così è a credersi, possa essere avvenuto nel mio primo caso, così in quelli di Zenker, di Klob e d'altri. Non avviene lo stesso riguardo alle milze succenturiate? Queste, piccole il più spesso, di rado assai grosse, uguaglianti la massa dell'organo, come io vidi in un caso; queste milze succenturiate non originano per la stessa ragione? In prova soggiungo, che in due casi io vidi la milza succenturiata tutt'affatto aderente all'organo. La divisione del tessuto rudimentale così era indubitabile.

Una tale spiegazione dei lobuli accessori osservati nel caso in argomento riduce la loro ragione alla divisione abnorme delle parti nella prima formazione del germe. Ma in esso non può computarsi anche l'eccesso di formazione? Il fatto si osservava nel cadavere di vecchio, e il corpo del pancreas per ragione dell'età poteva trovarsi in istato d'atrofia; quindi un giudizio adeguato non potrebbesi dare. Ma eccesso di formazione bisogna pur riconoscere, specialmente nei casi di pancreas soprannumerari dispersi in varie parti dell'addome.

B). Pancreas duplice (tav. VII, fig. 2).*

Se nel caso innanzi esposto l'eccesso di prima formazione del pancreas può sembrare dubbio, atteso che esso si studiava in anni di vita inoltrata del soggetto, in quello che passo a descrivere siffatto dubbio non può sussistere menomamente.

Nel cadavere di donna d'anni 74, morta per pleuro-pneumonite sinistra, senza avere manifestato fenomeni morbosi riferibili al pancreas, quest'organo apparve duplicato, come venne rappresentato nella fig. 2* della indicata tav. VII.

Ben riguardata la condizione della parte, ravvisai, al di dietro della piccola curvatura dello stomaco, il pancreas nella posizione e nei rapporti normali, nel suo assieme più sottile del normale, d'ineguale larghezza, la massima di 25 mm., lungo 17 centim., terminante alquanto largo all'ilo della milza, mentre il suo capo (a) egualmente che nella norma trovasi nella parte concava del duodeno, ivi fissato per lasso tessuto connettivo.

L'aspetto esteriore dell'organo è quello d'un pancreas atrofico, come è sovente nel cadavere di vecchi. Inciso in varie parti, si trova il suo tessuto grigiastro con acini pochissimo apparenti, questi pure grigiastri.

Sul suo margine superiore decorre molto tortuosa, per essere allungata, l'arteria splenica, inegualmente più grossa della norma, con pareti in vari tratti cretacee per avanzato processo ateromatoso (d).

Il dutto wirsunghiano trovasi nel suo posto, di normale ampiezza, e sbocca nel solito posto del duodeno.

Sotto il descritto pancreas, che tengo per il normale, havvi un corpo piatto (b), ricurvo sopra di sè nel senso laterale, con concavità in alto, lungo centim. 20, se disteso, molto grosso e largo (5 centim.) sul lato destro, della metà più sottile (15 millim.) sul sinistro, dove è ripiegato in alto sul lato interno della milza (c), ivi lassamente rattenuto mediante tessuto connettivo. L'aspetto di questo corpo è quello d'un pancreas mal conformato; la sua superficie acinosa è bene spiccata, e così il colore giallognolo; i margini, superiore ed inferiore, ineguali per lievi incisure; nessuna grossa arteria, nè vena, sul margine superiore, bensì vasi sanguigni minuti sparsi nel tessuto. Nessuna traccia di dutto pancreatico per entro lo stesso. Il corpo tiene alle parti, con cui è a contatto, per lasso tessuto connettivo. Lo stomaco e il colon traverso gli stanno innanzi.

L'esame microscopico del pancreas superiore, tuttochè per la sua posizione e forma e per i suoi rapporti sia a tenersi per il normale, rivelò pochissimo spiegata la struttura dell'organo, essendosi questa a cagione dell'età smarrita. In vero, vi si vedeva molta sostanza connettiva fibrillare, sparsa di finissime granulazioni adipose e di piccolissime cellule di carattere epiteliale pavimentoso. Appena qualche cenno delle vescicole normali.

Nel pancreas sottoposto all'indicato, che direi soprannumerario, gli acini dell'organo erano meglio spiccati. In esso era pure spiccato lo stroma fibroso, che vidi sparso di scarse vescicole glandulari, giallognole, contenenti cellule granulose per degenerazione adiposa. Fra queste vescicole erano zone di nuclei e di cellule piccole, tondeggianti, di carattere epiteliale. Alcune di tali cellule, isolate all'intorno di quelle zone, apparivano prolificanti: pareva se ne formassero nuove vescicole glandulari.

Vidi ancora dentro tessuto fibrillare disseminate fittamente piccole cellule di carattere linfoide; all'intorno gocce adipose di varia grandezza, come vedesi nei pancreas atrofici dei vecchi.

In questo caso non si può dubitare un momento, che v'avesse eccesso di formazione fin dal primo sviluppo del germe. La sostanza rudimentale del pancreas svolgevasi in due parti divisa: nella superiore decorrevano i grossi vasi splenici, e dai piccoli rami escretori vi si formava il dutto wirsunghiano, come nel pancreas normale. Nella metà inferiore v'erano soltanto vasi sanguigni arteriosi e venosi per la sua nutrizione. Nessun tratto di dutto escretore, che mettesse nel sopraindicato: questo affermo, quantunque siasi riferito qualche caso di dutto pancreatico duplice in organo semplice. In vero le vescicole secernenti vi erano assai scarse. Anche in pancreas accessori, lontani dall'organo normale, da altri (Klob) non si trovarono dutti escretori.

Ho voluto estendermi nella relazione di queste malconformazioni congenite del pancreas, avendo veduto che anche anatomici di lunga esperienza sulle medesime ebbero campo di osservare poco, e ne loro estesi trattati d'anatomia patologica sulle medesime tirano avanti prestamente dichiarandole rare. Il più che vi si dice è sui pancreas accessori. Così Ziegler ricorda la divisione del pancreas in due parti, eguali od ineguali, senza internarsi nel fatto, probabilmente per mancanza di proprie osservazioni. Ma nel caso ora esposto si può mai pensare soltanto alla divisione dell'organo, quando havvi un eccesso di tessuto pancreatico; quando la parte, che appare staccata da quella manifestantesi per l'organo normale, è così tanto grossa? Con la divisione v'ha dunque eccesso di formazione in questo caso.

II.

SVILUPPO ARRESTATO E PARZIALMENTE DEGENERATO DEI TESTICOLI D'UN GIOVANE.

Nel mio esercizio anatomo-patologico come più frequente anomalia di prima formazione dei testicoli trovai l'ectopia loro interna, *criptorchia*. Mentre di questa osservai cinque casi, che, preparati all'uopo, deposi nel mio museo; dell'ectopia esterna, varia nei suoi modi di manifestarsi, nessun fatto riscontrai.

I testicoli si trovavano al di dietro del canale inguinale in tre casi, in due di mezzo all'anello inguinale. L'atrofia si trovò essere conseguenza ordinaria di siffatto spostamento: fu ben pronunciata in uno dei due ultimi casi, osservato in un ragazzo di 12 anni.

Quali anomalie di prima formazione rarissime dei testicoli trovai:

1.° un caso di mancanza del testicolo sinistro in un vecchio celibe. Il preparato è sotto il N. 11 della classe IX del mio Museo: *Alterazioni degli organi dell'apparato della generazione*. Ne diedi conto nella Memoria: *Di alcune anomalie di prima formazione*, pubblicata nel vol. 16, serie 3 del R. Istituto Lomb. classe di scienze mat. e nat., pag. 19.

2.° un caso di divisione in due parti del testicolo sinistro in un neonato.

3.° un caso d'arresto dello sviluppo d'ambo i testicoli dopo essere discesi nello scroto, con trasformazione adiposa del tessuto rudimentale di parte del destro. Di questo dirò diffusamente, dopo aver spiegato alcune cose sul precedente.

Da lungo tempo osservai la sopraindicata divisione del testicolo sinistro, che tuttora conservo nel mio museo, e in altro luogo ricordai (1). Quel fatto, del quale non vidi un secondo nella mia scuola, venne in quest'anno meglio chiarito, se faceva bisogno, da un altro, che l'esimio dott. Francesco Parona, di Novara, aveva campo d'osservare in un uomo, che ricorreva alla sua estesa pratica chirurgica. Egli si trovava nel bisogno d'asportare il testicolo destro a quell'ammalato, e lo trovava diviso in due parti, l'una più grossa dell'altra; sotto queste ne stava un'altra appianata.

Il distinto operatore, dopo avere preparato anatomicamente il pezzo patologico, e ritrattone di sua mano due belle figure, che pubblicò insieme colle note chirurgiche del caso (2), ebbe la cortesia di consegnare a'miei studi e al mio museo quel rarissimo caso di divisione del testicolo destro, avvenuta nella prima sua formazione. Così i fatti che, senza la debita ponderazione giudicando, facilmente diconsi di triorchia, si riducono alla divisione d'un testicolo e al separato e limitato sviluppo delle due metà, secondo, cioè, il *quantum* del tessuto rudimentale dell'organo rimasto diviso.

Mi permetto di soggiungere, che sulle due disuguali metà di quel testicolo preternaturalmente diviso scorre l'albuginea; che dalla base del corpo più piccolo, cioè grosso una nocciuoletta, elevavasi una ripiegatura limitata, a guisa di tonaca vaginale; che il sottoposto tessuto è per ogni riguardo dell'aspetto di quello del testicolo normale, e ne tiene l'intima struttura. Il corpo piatto, sottoposto ai due mezzi testicoli, in connessione col dutto deferente e con collaterali vene varicose (3), è formato di tessuto fibroso bianco, compatto, intersecato da qualche vaso arterioso e venoso, senza traccia di canali seminiferi. È probabile che questo corpo sia stato in origine l'epididimo, e che i rudimenti dei vasi seminiferi siano andati distrutti per compressione.

Che, ciò non ostante, l'apparato genitale in quest'individuo avesse funzionato, si può asserirlo per il semplice fatto, che egli aveva un figlio ben conformato. La prova, a dir vero, scientificamente non è irrefragabile.

L'arresto di sviluppo d'ambo i testicoli nei primi anni di vita extrauterina, combinato con trasformazione in tessuto adiposo della sostanza rudimentale, che doveva svolgersi nell'epididimo, osservai quest'anno in un giovane contadino, celibe, d'anni 28, morto nel civico ospedale di Pavia per pleuro-pneumonia.

Siccome il corpo era ben conformato proporzionalmente all'età e condizione dell'individuo, mentre che il pene e lo scroto erano poco sviluppati, e dentro questo quasi punto

(1) *La Scienza e la Pratica*, ecc. Libro I. *Alter. di prima form.*, pag. 118.

(2) *Policlinico*. Vol. III, c, Anno 1896.

(3) Come ben vedeva Parona dopo l'operazione.

sotto le dita si sentivano i testicoli, così venne il desiderio di vedere chiaro nella costituzione delle sue parti genitali, e si ebbe l'opportunità di trovarvi l'indicata insolita alterazione.

Per mala sorte non si poterono avere notizie sulle funzioni di quegli organi, sui costumi del soggetto relativamente a questi. Dallo stato del pene, dall'atrofia dei suoi corpi cavernosi, dalle condizioni dei testicoli e delle loro dipendenze ben si può arguire, che l'erezione del primo mancasse, o fosse lieve: nemmeno a pensare ad eiaculazione del seme.

Il pene si trovò dello sviluppo di quello d'un giovinetto di 8 anni: del resto nessuna abnormità nel suo esteriore: i corpi cavernosi smilzi, di colore rossigno-sbiadito.

Lo scroto poco sviluppato, contratto; il rafe pronunciato in modo che quello appariva partito in due metà. Come fu diviso lungo il rafe, sulla sua parte posteriore apparvero alla vista due corpi oblunghi, della grandezza di piccola mandorla, uno per parte, ricoperti dalla tunica vaginale propria del testicolo. Sul corpo destro questa appariva bianchiccia, stirata attorno l'albuginea; sul sinistro lassamente applicata su quella e di colore rossigno per copia di minuti vasi sanguigni.

Fatto questo riscontro di primo tratto, passai all'esame particolareggiato delle singole parti, ed eccone il riassunto.

Il corpo oblungo visto nel posto del testicolo destro appare diviso in due nel senso trasversale; il superiore assai più piccolo del sottoposto, di forma e grandezza d'un pinocchio, spicca per il suo colore giallognolo pellucido, come fosse un lobetto di tessuto adiposo. Infatti con l'esame microscopico lo si trova totalmente costituito degli elementi di varia grandezza di quel tessuto; in molte cellule adipose cristalli d'acido margarico. Tessuto fibrillare finissimo, sparso di vasi sanguigni capillari è il sostegno di siffatte cellule. In qualche tratto vi si scorge il principio del tessuto adiposo più per la comparsa di gocce adipose negli interstizi delle fibrille del connettivo, che dentro le cellule di questo.

In alto di tal corpo vedesi una striscia rossigna per vasi sanguigni: nessun principio di dutto deferente.

Il descritto corpicciuolo, per la sua posizione a tenersi per l'epididimo, fin da principio sviluppatosi in tessuto adiposo dalla sostanza rudimentale per esso disposta, è rivolto in avanti (versione anteriore del testicolo) per modo che dal di sotto di esso ben sporge in avanti il didimo.

Questa parte dell'organo maschile destro è della grossezza d'una nocciuola, tondeggiante, ricoperto dall'albuginea bianchiccia, molle, sulla superficie del taglio di colore rossigno, simile al tessuto del testicolo normale.

Con l'esame microscopico se ne accerta la struttura, che però si riconosce di ritardato sviluppo e alquanto scompaginato. I lobuli e i sepimenti non vi sono chiaramente distinti: havvi un tessuto connettivo fibrillare, sparso di copiose cellule epiteliali piccole e tra queste corti tratti di vasi seminiferi, contenenti cellule epiteliali pavimentose piccole. Una più estesa e dettagliata investigazione non se ne fece, volendosi conservare il preparato.

Il testicolo sinistro meno grosso del destro, più piccolo d'una mandorla, di forma ovale, ricoperto dall'albuginea di consistenza normale, apparve alla vista, quando fu incisa la tunica vaginale propria del testicolo. Il suo tessuto è rossigno, simile al normale, però senza traccia di sepimenti, che non appajono nemmeno alle lenti.

Il tessuto connettivo fondamentale dell'organo è ricco di piccole cellule e di nuclei non ben specificati, e sparso di tubi seminiferi staccati, di varia larghezza, alla rinfusa, ripieni di cellule non per anco specificate in epiteliali pavimentose. Di cosiffatte cellule vedevansi però in alcuni tratti di quel tessuto fondamentale.

Sull'estremità superiore del testicolo sinistro si eleva il capo dell'epididimo, dal quale scende una grossa striscia (il corpo) come di norma; l'estremità di questa, in luogo d'assottigliarsi a guisa di coda come di solito, s'ingrossa assai fino alla dimensione dell'epididimo, onde a prima vista parrebbe esservi pure un ipodidimo. Ma questa non è che una apparenza ingannevole; in vero, benchè l'epididimo veggasi formato d'un tessuto bianchiccio, al pari del suo corpo e dell'estremità assai ingrossata, onde ad occhio nudo non ne risalta una differenza di struttura, all'esame microscopico però questa emerge ben chiara. L'epididimo trovasi infatti costituito d'uno stroma di connettivo fibrillare, disseminato di piccole cellule del medesimo, con vari tratti di epitelio pavimentoso disposto a strati. Fra questi sono pochi tubi seminiferi, più larghi di quelli veduti nel didimo. Ma il somigliante tessuto bianchiccio, formatosi a dismisura all'estremità inferiore del testicolo, era semplicemente fibroso; in esso nessuna traccia di tubi seminiferi.

Anche nel tessuto di questo epididimo cominciava l'infiltrazione di goccioline adipose, in qualche parte già diventate grosse; e questo specialmente nei tratti, in cui la sostanza dell'epididimo era omogenea, senza forme organiche, senza piccole cellule di qualsiasi carattere. Per lo che puossi ritenere, che in seguito anche in queste parti sarebbesi potuto vedere la trasformazione adiposa.

Neppure dal tessuto di questo epididimo, come nessuno dal destro, sorge un manifesto dutto deferente.

Delle vescicole spermatiche appena una traccia indicata da lobetti informi di tessuto connettivo.

La prostata poco sviluppata. Nessuna traccia di vescicola prostatica, nè dello sbocco dei dotti ejaculatori, che non si trovano.

Corto e assai sottile il cordone spermatico per il poco sviluppo dei vasi costitutivi.

Ho stimato spedito diffondermi nell'esposizione di questo caso complicato d'arresto di sviluppo dei testicoli, nei primi anni della vita esteriore, per la sua rarità: anzi, per quanto ho potuto rilevare dalle mie ricerche nelle opere più stimate d'anatomia patologica, parrebbe che fin qui siffatto difetto non siasi avvertito accoppiato con la trasformazione adiposa del tessuto dell'epididimo.

Nelle opere di anatomo-patologi stranieri si parla laconicamente d'un tale arresto di sviluppo senza precisarne le condizioni (1). Taluno anche, come Birch-Hirschfeld, lo accoppia con la microrchia, la quale è pure il risultato d'altre ragioni, come sono l'ectopia e massime la compressione: così alla criptorchia s'aggiunge la microrchia. Rokitansky, invero, insieme con l'incompleto sviluppo dei testicoli ricorda la loro situazione nel canale inguinale o nella cavità abdominale.

Ad indicare con altri termini l'arresto di sviluppo dei testicoli si trovò l'espressione — *testicoli infantili* —; secondo le moderne tendenze filologiche si adottò pure il termine *ipoplasia* dei testicoli: questo e quello non sempre appropriati, a mio credere, come ha dimostrato il fatto ora esposto.

Per cominciare da un'osservazione di pratica utilità, questo mette in luce una rara, non sempre avvertita ragione di mancanza di prole nei congiungimenti. Nel fatto si ha pure un attestato della combinazione dell'arresto di sviluppo di vari organi, che sono in

(1) Veggansi le opere di Cruveilhier, di Rokitansky, di Förster, di Ziegler, di Birch-Hirschfeld.

relazione tra loro nel compimento d'una funzione. Non funzionando i testicoli, mancava la ragione, l'eccitamento per lo sviluppo proporzionale del pene, dei dotti deferenti, delle vescicole spermatiche, per non dire d'altre dirette sequele.

Ma non credo, che la trasformazione adiposa dell'epididimo destro stia in diretta relazione coll'ipoplasia acquisita del didimo, quantunque nell'epididimo sinistro siasi veduto il principio d'un'infiltrazione adiposa. In vero in quello v'era proprio un tessuto adiposo ben spiegato, quale sarebbe in un piccolo lipoma incipiente; un tessuto adiposo, che si vedeva svolgersi dalle cellule del connettivo, senza traccia d'altri elementi e di tubi seminiferi.

Con ciò si viene a conoscere, che l'espressione — *testicolo infantile* — è di significato ontologico, non esprimendo esso le alterazioni, che possono accoppiarsi coll'arresto di sviluppo: nel caso in discorso, la trasformazione adiposa dell'epididimo, l'antiversione dell'organo. Egualmente il termine *ipoplasia* non esprime tutto quello che può aversi d'alterato nell'arresto di sviluppo dei testicoli. Ben esso esprime, meglio che atrofia, la differenza che passa tra il mancato svolgimento d'un organo secondo la sua natura e lo scioglimento o la riduzione di parte del suo tessuto, dopo essersi formato. Ma esso pure non basta a dinotare altri concomitanti accidenti d'alterata nutrizione, che possono occorrere insieme con l'arresto di sviluppo.

L'ipoplasia vuolsi specificare in congenita ed acquisita. Nel caso esposto l'ipoplasia sarebbe a tenersi per acquisita; ma la trasformazione adiposa del tessuto rudimentale dell'epididimo cominciava già nel primo svolgimento del medesimo. Non ostante questo circoscritto pervertimento di nutrizione, compivasi a tempo debito la discesa dei testicoli; ma arrestavasi di poi il loro sviluppo. Forse per primordiale piccolezza abnorme dell'arteria spermatica? Cotesta ragione non potevasi accertare al 28.º anno di vita dell'individuo, quantunque davvero l'arteria spermatica siasi trovata piccola.

SPIEGAZIONE DELLE FIGURE 1^a E 2^a

DELLA TAVOLA VII.

FIGURA 1^a

Pancreas con lobuli laterali sporgenti dai margini di esso (pancreas accessori aderenti all'organo principale). A grandezza di $\frac{1}{3}$ minore della reale.

- a) Capo del pancreas unito al corpo mediante sottile striscia di tessuto pancreatico.
- b) Un tratto della milza, l'ilo, al quale aderisce la coda del pancreas. Il corpo della milza venne asportato per semplificare la figura.
- c) Due grandi lobuli, che si elevano dal margine superiore del corpo dell'organo.

FIGURA 2^a

Rappresenta un pancreas soprannumerario (b) a grandezza di $\frac{1}{3}$ minore della reale.

- a) Capo del pancreas di forma differente da quella della normale costituzione.
- b) Parte mediana del pancreas soprannumerario, stata incisa in questo posto per l'esame del suo tessuto. Le parti laterali di questo hanno una direzione ascendente: la destra poggia sulla metà della superficie anteriore del pancreas vero: la sinistra s'innalza tra l'ilo della milza e la coda del pancreas normale.
- c) Un tratto della milza corrispondente all'ilo, al quale mediante tessuto connettivo lassamente connettesi la coda del pancreas soprannumerario.
- d) Arteria splenica assai circonvoluta con pareti ingrossate.
- e) Le due code dei pancreas: la *corta*, a sinistra, è quella del normale; la *lunga*, a destra, è del soprannumerario.

Fig. 1.

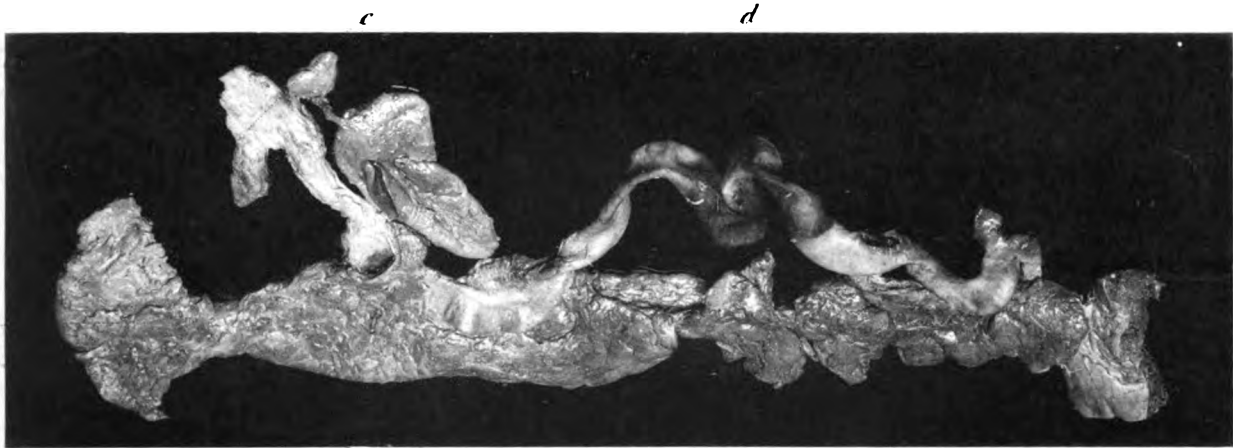


Fig. 2.

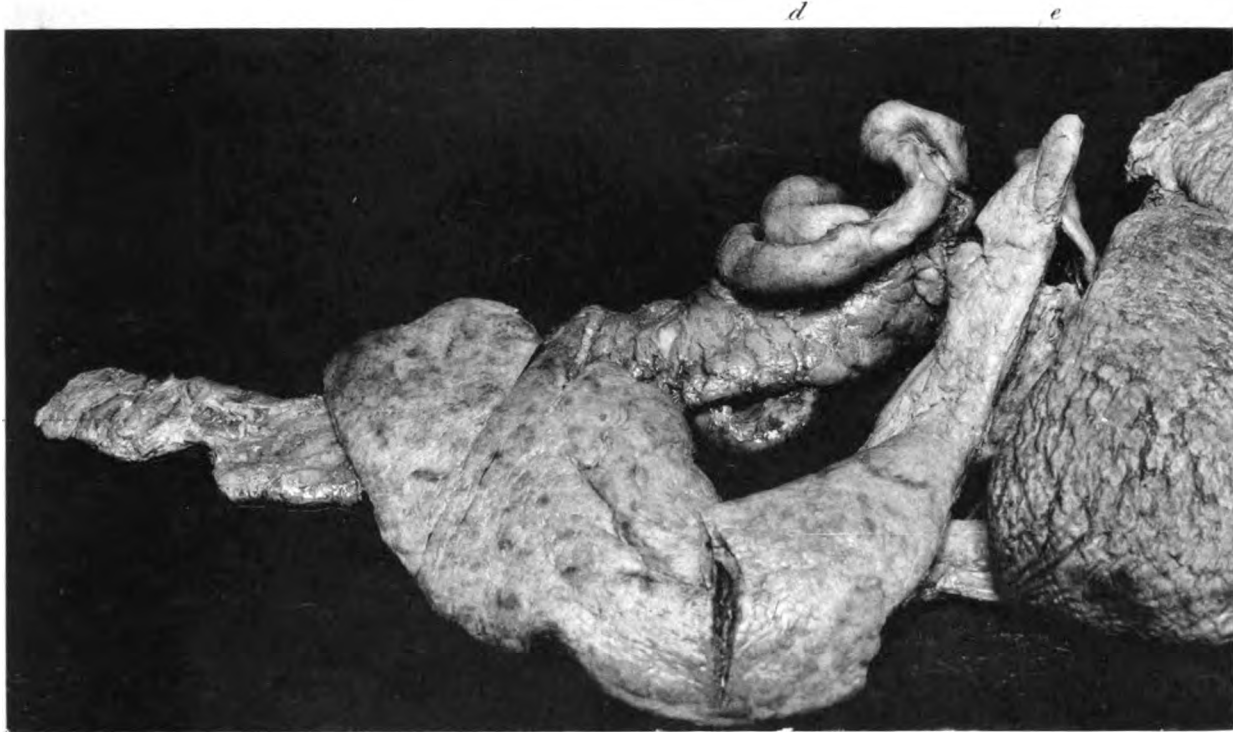


Fig. 3.

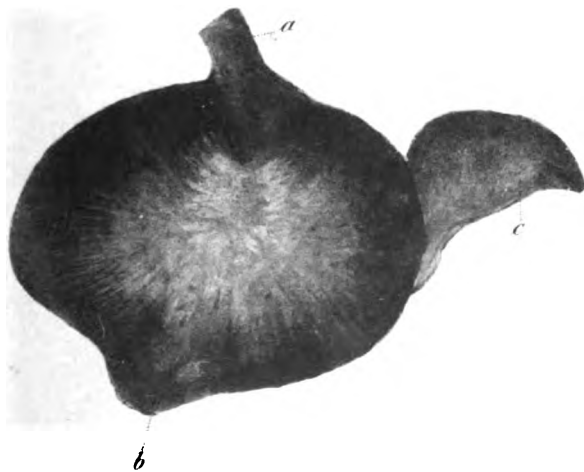
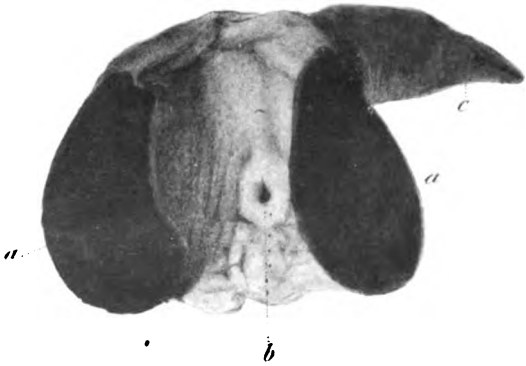


Fig. 4.



SOCIETA' B'INCORAGGIAMENTO
MILANO
D'ARTI E MESTIERI

10

VENTRIGLIO DI GALLO CON COLLO E CAPO DI PULCINO SPORGENTI DALL'ALTO DEL SUO LATO SINISTRO.

COMMENTI

del **M. E. prof. G. SANGALLI,**

letti nella seduta del 2 febbrajo 1896.

(*Tav. VII, fig. 3^a e 4^a*).

Un mio affezionato scolaro di parecchi anni passati, il dott. Francesco Calabria, medico in Casatico, su quel di Mantova, quale curiosità teratologica mi mandava, non ha molto, lo stomaco muscolare di sopra annunziato con le seguenti annotazioni anamnestiche.

Esso veniva levato da un gallo di 7 mesi, nel suo esteriore ben sviluppato, però estremamente dimagrato, non ostante le cure che si avevano avute per il suo ingrassamento. Per l'inutilità di queste, e un po' anche per il desiderio di vedere la ragione, se mai possibile, di quella macilenza, il possessore lo volle togliere di mezzo. Ed ecco che proprio nel metterne allo scoperto quel grosso stomaco muscolare, come fece la donna di casa, essa vi scoprì cosa tanto insolita, che credette bene di levarlo alla meglio senza guastarlo, staccandolo dalla fine del ventriglio glandolare e dal principio del tubo intestinale, e così com'era e ben si vede nella *tav. VII, fig. 3^a*, lo consegnò qual cosa curiosa a quel medico, forse ad ingraziarselo ne' suoi bisogni presenti e futuri. E questi, trovatolo davvero stravagante, lo immergeva nello spirito di vino, e me lo mandava nell'idea che io sopra di esso strolcassi qualche amena favola di storia naturale.

A dir vero molto curioso è quell'organo, che nelle naturali dimensioni nella citata *fig. 3^a* si vede rappresentato sulla sua faccia anteriore. Esso appare alquanto più piccolo di quello che debba essere in un gallo maturo. Dall'alto del suo lato sinistro, un po' sotto l'imboccatura in esso del ventriglio glandolare, sporge il capo di piccolo pulcino, portato da corto e grosso tramezzo, figurante a un di presso il suo collo.

Questa in brevi termini è la mostruosità, di cui non trovai esempio nelle opere d'anatomia comparata, da me consultate per questo riguardo; e perciò di essa passo a spiegare le particolarità.

Sull'esteriore del ventriglio, o stomaco muscolare, nulla di differente da quello che è nella norma, eccezione fatta dell'inserzione preternaturale delle parti sopraindicate. Nella porzione mediana della sua superficie anteriore la membrana fibro-tendinea, che trattiene i due grossi muscoli laterali, col suo ispessimento forma quella piastra bianchiccia raggiata, d'aspetto più spiccatamente tendineo, come è di solito: meno pronunciata essa è sulla faccia posteriore. Il punto d'immissione del ventriglio glandolare nel sottostante vedesi al solito

posto. Ma il primo tratto del tubo intestinale (il duodeno dell'uomo) non comincia sulla faccia anteriore dello stomaco muscolare, circa un centimetro al di sotto del glandolare, come nella norma, bensì nella parte inferiore del margine destro di quello, siccome vedesi in *b* della *fig. 3^a*. Il piloro è ampio.

La sostanza muscolare di colore rosso-fosco, di struttura normale, di grossezza alquanto minore della consueta. A meglio vederla e conoscere in pari tempo la cavità dell'organo, con taglio longitudinale, diretto dall'alto al basso, dall'esterno all'interno, incisi nel mezzo la sua parte destra (il muscolo destro). La *fig. 4^a* rappresenta l'organo spaccato in tal senso, e la sua cavità.

Così conobbi che in questa, meno ampia della norma, poca materia alimentare era raccolta; che vi mancava la membrana coriacea, e che nella mucosa, in corrispondenza della porzione mediana del muscolo sinistro dell'organo, di rimpetto al taglio praticato nel lato destro, havvi un piccolo foro (*fig. 4^a, b*). Un tal foro mette in un sottile canale diretto all'infuori, a sinistra, e decorrente nel tessuto cellulare interposto tra il ventriglio e il tramezzo figurante il collo, sul quale sta il capo del pulcino. Esso nel profondo di quel cellulare, dopo un tratto di 13 mm., finisce a fondo cieco, di rimpetto all'apice di quel medesimo tramezzo.

Queste parti sporgenti dal ventriglio sono ricoperte da una pellicola grigiastra, quale è quella d'un pulcino, ma di questa più grossa e spoglia di penne e dei loro bulbi. Essa nel lato destro aderisce intimamente alla membrana fibro-tendinea del ventriglio nel punto, onde sporgono le parti mostruose, e insieme col tessuto connettivo sottostante serve di sostegno alle medesime. Nel lato opposto la stessa si distende su tutto il capo fino al becco. Quivi è più fitta che sulla parte, la quale figura per il collo; ovunque facilmente staccasi dal sottoposto tessuto, che è della consistenza e del colore d'uno, che si trovi in via di calcificazione: e cotesto speciale tessuto al capo fa di teca cranica, sul tramezzo sta nel posto di vertebre cervicali.

Il capo ricoperto dalla sopradetta pellicola, di color grigio traente al giallognolo, fatti i debiti confronti, appare della grossezza di quello d'un pulcino a quasi finita incubazione. Nessuna traccia degli occhi. Becco ben sviluppato; ma la sua divisione nel superiore ed inferiore è appena tracciata mediante una linea superficiale, più sul lato destro che sul sinistro. La punta trae al nerognolo.

L'intima costituzione di questo becco non si trova diversa da quella dei pulcini d'incubazione. Cioè, superficialmente sono squame epidermoidali poco distinte per essere in gran parte fuse tra loro: al disotto, cellule epidermoidali meglio manifeste. Sotto tali strati epidermoidali, costituenti l'astuccio corneo o la ranfoteca degli uccelli, trovasi sostanza ossea poco distinta nella sua struttura, per essersi questa o non ben compiuta nel suo sviluppo, o guastata nella sua lunga permanenza in un mezzo non confacevole per il suo mantenimento. Lo stesso è a tenersi della struttura della ranfoteca. Questo io credo anche per il risultato dei confronti, che feci sul becco dei pulcini d'incubazione. In esso gli elementi epidermoidali ed ossei trovai ben manifesti.

La colorazione nerognola della punta del becco ho veduto dipendere da granulazioni di pimmento nerognolo dentro elementi epidermoidali in via di distruzione.

Procedendo allo studio intimo della pellicola rivestente il capo e il tratto posteriore figurante il collo, noto averla trovata di struttura varia secondo i posti. In generale è costituita di connettivo fibrillare più o meno robusto, sparso di file diritte di piccoli nuclei, di carattere epiteliale; coteste pajono principi di tubi glandolari, o rudimenti di bulbi di penne.

In alcuni tratti questo tessuto fibrillare è ricoperto di nuclei di svariata grandezza, disposti a svilupparsi in cellule epidermoidali, onde formare lo strato esterno della pellicola.

L'organizzazione di questa al capo appare meno distinta; il suo tessuto in vari posti è quivi omogeneo, sparso di granulazioni adipose e di corpiccioli giallognoli, frammisti ad altri di colore rosso-ranciato, per distruzione di ematie esistite nel medesimo.

In questa pellicola non fu possibile rintracciare dei vasi sanguigni minuti e capillari, che ben osservai nella cuticola di pulcino sul fine d'incubazione. I corpiccioli di pimento del sangue, osservati nella pellicola del capo mostruoso, ben dinotano per altro che i vasi capillari dovevano pure esservi stati.

Siccome il capo mostruoso è flesso sul davanti, a tutta prima pare, che pure un collo vi abbia ripiegato sovra sè stesso, all'avanti, e possa essere alquanto lungo. Ma questo non si trova, dopo avere rimossa la pellicola, che rivestiva quell'apparenza di collo. Vi si riscontra, in vero, un tubo conico, sottile verso il ventriglio e terminante in un apice impervio, all'incontro ampio verso il capo, cosicchè da questo lato esso va perdendosi nella teca del medesimo, senza traccia di divisione. E come questa, quel tubo è formato d'una sostanza grigia, consistente, resistente al taglio, quasi punto organizzata. Al microscopio trovasi, in vero, costituita di materia finamente granulosa, regolarmente disseminata di piccoli nucleoli, splendenti, che per l'acido solforico diventano più chiari, senza comparsa di cristalli di solfato di calce. Però nella sostanza della teca del capo, fornita degli stessi caratteri macroscopici, solo alquanto più dura, con quel principio d'organizzazione v'ha una traccia di piccole cellule ossee, le quali appajono siccome piccoli corpiccioli ovali, splendenti, sparsi in rara misura dentro la medesima. All'intorno loro nessuna diramazione. Parrebbe, che i rudimenti delle cellule ossee siansi arrestati nel loro sviluppo.

Vengo all'esame dell'interno delle parti mostruose. Sotto la teca rispondente al cranio havvi una piccola cavità, non del tutto riempita dalla sostanza contenutavi. Questa, in alto, è formata da uno strato alquanto consistente, granuloso, di colore bruniccio; al di sotto, da un ammasso di materia granulosa, bianchiccia, d'aspetto caseoso. Questa stessa sostanza trovasi nella cavità del tubo conico, o direi pure dell'imbuto semiosseo, raffigurante il collo; l'una è continua con l'altra.

Per dirlo a dirittura, cotesta sostanza bianca in ambedue le parti è di semplice ed eguale organizzazione: è costituita, cioè, di piccoli nuclei, uniformi, splendenti, strettamente collegati tra di loro, nessuno con traccia d'una parete cellulare all'intorno, disseminati dentro un fondo omogeneo, o finissimamente granuloso. Fra siffatti elementi erano zolle informi, che si tingevano in turchino per l'aggiunta della soluzione di jodio e dell'acido solforico, e per questa apparivano anche dei corpuscoli amilacei e cristalli aghiformi. La complicata struttura di questa sostanza mi venne anche chiarita dal riscontro d'una grande cellula rotonda, a pareti ben definite, ripiena di nuclei addossati gli uni agli altri, ma chiaramente separati tra loro. Dai neoterici la si direbbe volentieri un'espressione di cariocinesi.

Ad indicare lo sfacimento degli stessi elementi nella sostanza bianca del capo, soggiungo aver trovato in questa dei cristalli deformati di colesterina, altri ben conservati e grandi.

Più importante e singolare fu il risultato dell'esame microscopico dello strato bruniccio della sostanza trovata sotto la teca del capo. Questa, dove la struttura non era dichiarata, appariva amorfa, o finamente granulosa, di colore giallo-bruniccio, qui sparsa

di nucleoli splendenti, grandi, adiposi; là di fibrille isolate, diritte e di gruppi di corpuscoli nerognoli, disciolti per l'acido solforico. Dove la struttura era ben conservata, cioè alla superficie dello strato bruniccio, vidi un contesto di cellule dell'apparenza delle epiteliali dei tessuti animali, ma varianti, per essere tutte ovali, di varia grandezza, le grandi interpolate con le più piccole e strettamente connesse tra di loro: tutte di colore giallognolo, con un nucleo rappresentato da un gruppo di nucleoli. Vicino a siffatto tessuto ve n'aveva un altro formato di cellule molto quadrilunghe, io direi della forma di corti tubi a pareti assai grosse, disposte le une da canto alle altre, a modo d'un pavimento d'assito, o delle canne d'un organo, nella loro parte mediana infiltrate d'una fila di piccole granulazioni, dell'apparenza delle adipose. Ai due estremi di codesta palizzata formata di cellule, ve n'aveva un'altra simile, un po' più sotto o più sopra. In alcuni tratti il colore di questo strato dal bruniccio traeva al rosso per materia rossa che vi era.

Trovando in questa sostanza elementi non soliti nei tessuti animali; elementi, che piuttosto mi parevano di natura vegetale, per togliermi dal dubbio, mi rivolsi alla ben nota perizia in simili osservazioni del chiar. prof. Giovanni Briosi, e a lui mostrai qualche preparato microscopico, che avevo tenuto in serbo per ulteriori schiarimenti.

Egli, infatti, subito dichiarò di trovarvi tracce d'un tessuto vegetale appartenente a frutti di cereali, più probabilmente di segale o frumento. Ricontrò abbastanza chiaramente nei sopraindicati elementi le cellule dello strato trasversale del pericarpio delle rispettive cariossidi. Egli ancora in quelle cellule, a me parse della forma delle epidermoidali animali, ravvisò un tessuto parenchimatoso, a cellule pressochè isometriche rotonde e pavimentose: trovò fibre a grosse pareti, di forma irregolare, pure resti di pericarpio d'una cariosside di frumento o di segale; ancora resti di peli di questa e una trachea a spirale.

Il chiar. Professore manifestava il dubbio, che la sostanza bruniccia del capo, in quel modo manifestatasi, potesse essere parte d'un tessuto necrosato di grano avariato.

Io non posso implicarmi in questione così ardua di fisio-patologia vegetale. Mi limito ad osservare, come mai quelle sostanze, quegli elementi vegetali abbiano potuto trovarsi in cavità chiuse all'esterno? Potevano esservi arrivati dal ventriglio? Non si trovò comunicazione tra questo e quelle nel momento dell'esame. Forse quella troncavasi durante la vita del gallo, dopo che nelle appendici, a dir così, del ventriglio (collo e capo) era penetrato qualche po' della sostanza alimentare di questo?

Agli studi avvenire (questo è il momento di dire), alle ulteriori scoperte di simili casi, l'ardua soluzione del fatto. Perchè, per quanto io abbia frugato nella letteratura dell'anatomia degli animali d'ogni genere e specie, per trovarvi qualche forma mostruosa simile alla riferita, non venni a capo di nulla.

Cominciai le mie ricerche dalle opere nazionali. Nessuna simile o vicina mostruosità nel *Catalogo degli oggetti e preparati del gabinetto d'anatomia comparata dell'università di Bologna*, pubblicato da Alessandrini. Nemmeno nell'*Elenco degli oggetti d'anatomia umana e comparata dell'università di Napoli*, pubblicato da Nanula, si fa cenno di deformità del ventriglio di gallinacci.

Nella *Monstruorum sexcentorum anatomica descriptio* di Otto, dove pure si trovano annotate varie deformità d'animali, nessun cenno di ventriglio di gallo con apparenze d'un capo di pulcino.

Nelle opere d'anatomia patologica, illustrate da ricchi atlanti, di Gluge, di Cruveilhier e di Lebert neppure sono rammentate le anomale conformazioni congenite dei gallinacci.

Ben da Ahlfeld (1) sono ricordati parecchi casi di doppia formazione di pollo, e da Virchow (2) venne descritto un rosignolo a due teste; ma nulla trovai più in là di questo (3).

Altri più saputi nella materia dell'organizzazione normale e morbosa degli animali potranno intorno al fatto da me annunciato forse raccogliere cognizioni di simile spettanza. Intanto io mi arrischio ad avanzare qualche parola sulla sua ragione. Perchè è chiaro, che, quando si riscontrò una straordinaria anomalia di conformazione d'una parte animale, vuolsi mettere a prova ogni dottrina embriologica per trovarne qualche spiegazione.

Taluno, ben informato della materia, al quale io mostrava il caso singolare, palesavami la convenienza di studiare il modo, con cui poteva essere avvenuto, che un ovolo giungesse fino al ventriglio d'un gallo, e in esso si fissasse e svolgesse soltanto per una piccola parte del suo essere. Niente di questo, io tosto gli risposi: le mie convinzioni sull'origine delle mostruosità doppie non vanno a siffatto punto.

In vero, quando in questo Istituto diedi notizia d'un caso di mostruosità d'uomo, in cui apparivano due membri virili, l'uno dall'altro disgiunto, lo dinotai qual effetto di primordiale disgiunzione delle parti rudimentali degli organi genitali. Piuttosto che duplicità, vi ravvisai quindi un disordinato sviluppo delle parti rudimentali della generazione, in seguito al quale vi fu la loro disgiunzione, trovata ancora più manifesta nella vescica urinaria dell'istesso soggetto, apparsa divisa in due parti attigue, comunicanti fra loro per un canale insolito (4).

Nel mostro epignato, di cui pure qui dissi l'anno passato (5), piuttosto che duplicità di ovoli, o sviluppo di parti duplicate da un unico germe, riconobbi un'abnorme produzione di tessuto connettivo rudimentale al palato, e dinotai il fatto per un teratoma cefalico, da mettersi a paro coi teratomi sacrali, di cui in tempi andati pur esposi fatti. Soggiunsi non potersi ammettere un epignato, se non quando dalla mascella superiore vedesi pendere un corpo, che ha qualche tratto di parti d'altro feto. Allora soltanto potrebbesi credere secondo me, che un ovolo siasi fissato in una parte d'altro, nella quale dovevasi svolgere il capo, e siasi sviluppato incompletamente, parzialmente: o potersi credere, che un ovolo siasi sviluppato in modo nella sua prima germinazione, che ne venissero parti incomplete d'altro individuo, fissate alla mascella superiore.

Come potrebbesi credere con qualche solido fondamento, che un ovolo abbia potuto fissarsi in una parte d'un altro, non per anco specificata quale un organo necessario per il suo normale sviluppo; e che poi quell'ovolo sopra questo, per la forza organica in esso insita, si svolgesse in una minima parte del suo essere, voglio dire in un capo mal conformato? A questo punto non giunge la forza della mia immaginazione e credulità in fatto di doppi mostri. Piuttosto io credo che tutto provenisse da un sol ovolo abnormemente germinato (6); tanto più lo credo, perchè le parti soprannumerarie si trovano mal conformate. Finchè sulle spalle d'un individuo sono posate due teste, separatamente l'una dall'altra sostenute da un tratto più o meno esteso di colonna vertebrale, puossi credere o ad un effetto di

(1) *Archiv für Gynekologie*. Vol. 9, pag. 196.

(2) *Berliner klinische Wochenschrift*. N. 9 dell'anno 1873.

(3) Nulla, nemmeno per incidente, si legge di simile nelle opere di Coste, di Wiederseim, di Claus, di Gegenbaur.

(4) Vedasi il Vol. VIII di queste *Memorie*, pag. 133.

(5) *Ivi* a pag. 145.

(6) Qui potrebbero valere le idee di Malpighi, di Lancisi e d'altri nostri eminenti antichi medici sull'abnorme sviluppo della *cicatricula*, — l'*area germinativa* di poco fa, — la *macchia embrionale* del giorno.

duplicità d'ovoli, o ad uno smodato, eccessivo sviluppo di una parte d'uno solo. Però, dallo sviluppo eccessivamente abnorme d'una parte d'un ovolo derivare quel collo e capo di pulcino, sorgenti da un ventriglio, parrebbe pure un'eccessiva supposizione della dipendenza d'una minima parte dell'organismo, anzi d'una parte soprannumeraria, insolita, dalla cellula originaria.

Per me in questo collo deforme e capo di pulcino sul ventriglio del gallo ravviso un teratoma gastrico, analogo a quello che ravvisai nell'epignato ora mentovato.

Anche per questo punto concludo, che studi e scoperte avvenire potranno forse portare più chiara luce sull'origine di così singolare mostruosità d'un ventriglio di gallo.

SPIEGAZIONE DELLE FIGURE 3^a E 4^a

DELLA TAVOLA VII.

FIGURA 3^a

Ventriglio muscolare di gallo con collo e capo di pulcino sporgenti dall'alto del suo lato sinistro. È veduto a grandezza reale sulla sua faccia anteriore. Dalla figura, tuttochè non colorata, quale io tengo, ben appajono le strisce tendinee, raggiate della parte mediana di questa superficie anteriore della membrana fibro-tendinea dell'organo.

- a) La fine del ventriglio glandolare, che apresi nel muscolare.
- b) Il piloro più ampio della norma, che mette nel principio del tubo intestinale.
- c) Collo e capo di pulcino, originanti dal lato sinistro del ventriglio.

FIGURA 4^a

Lo stesso ventriglio muscolare, inciso lungo il margine destro, dal foro di comunicazione col ventriglio glandolare fino al piloro: veduto a ingrandimento reale, sulla faccia anteriore, un po' in iscorcio, da destra a sinistra; perciò il collo appare corto.

- a) La grossa sostanza muscolare del ventriglio aperto.
 - b) Foro nel mezzo della porzione sinistra del ventriglio, rimpetto alla grossa porzione muscolare: il quale foro dà adito ad un breve canale decorrente nella prima metà del collo abnorme.
-

Acquisto
21-1-1897 R. 26

(Hoopl. R. 5)

£ 0.55

UN CRITERIO CRONOMETRICO DELLA SENSAZIONE.

MEMORIA

del M. E. professore EUSEBIO OEHL,

letta nella seduta 19 novembre 1896.

È noto che eccitando con una punta la estremità di un dito di una mano, ed invitando a reagire con un dito dell'altra, fra la eccitazione e la reazione decorre un tempo misurabile, che diremo *tempo totale* di eccitazione digitale.

Questo tempo totale risulta di quattro distinti periodi:

Il primo di così detta eccitazione latente del muscolo che reagisce, al quale si attribuisce una durata costante, che secondo le determinazioni di Helmholtz sarebbe di 1" (1).

Il secondo *centripeto* di trasmissione della eccitazione lungo un tratto misurabile dal punto eccitato ad un centro senziante, che deferiamo ai gangli cerebrali posteriori.

Il terzo *centrale* di elaborazione e risveglio della sensazione in questo centro.

Il quarto *centrifugo* di trasmissione della eccitazione motrice lungo un tratto pur misurabile, ed eguale al centripeto, dal centro senziante all'apparato muscolare di reazione.

Da esperienze già comunicate a questo Reale Istituto è risultato, che in esse il tempo totale fu eguale in media a 15,4" (2).

Sottraendo da questa cifra la costante di 1" per il periodo latente, rimane a sapersi come i restanti 14,4" vadano distribuiti sui periodi centripeto, centrale e centrifugo.

Dalle anzidette esperienze vedemmo come a questa distribuzione si proceda differenzialmente, nel senso di desumere la velocità di trasmissione della eccitazione dalla differenza che passa fra il tempo totale di eccitazione digitale e il minor tempo, per minore percorso, di eccitazione brachiale o frontale. Ottenutasi colla determinazione dei misurabili tempo e spazio, la velocità di trasmissione, se ne deduce la durata eguale dei relativi periodi centripeto e centrifugo per eguaglianza di percorso e riconosciuta eguaglianza di velocità, con rimanente durata del periodo centrale.

(1) Mancando altre indicazioni, le cifre esposte in questo scritto si riferiscono sempre a centesimi od a frazioni di centesimo di minuto secondo.

(2) Vedi *Memorie* del R. Istituto Lombardo di scienze e lettere, vol. XVII.

Dalle indicate nostre esperienze è risultato, che la durata sommaria dei due periodi di trasmissione fu in media di 6'', motivo per cui risulterebbe di 8,4'' la durata del periodo centrale, nel cui volgere dovrebbe:

- 1.° suscitarsi il movimento centrale di sensazione,
- 2.° destarsi quello di percezione,
- 3.° insorgere quello di volontaria eccitazione dei centri motori di reazione.

Movimenti tutti, che secondo le più generalmente accettate dottrine nevrologiche, dovrebbero compiersi in grembo a centri gangliari, nei quali, come lo dimostrerebbe anche il maggior tempo richiesto alle azioni riflesse, la trasmissione del movimento nervoso sembra essere più lenta che non nelle fibre dei nervi.

Scopo ora delle sperienze attuali sarebbe quello di stabilire il contegno dei diversi periodi del tempo totale digitale, quando ad una prima eccitazione di un punto della cute ne consegua una seconda in tale brevissimo tempo, da non essere ancora presumibilmente cessato il lavoro sensorio della eccitazione precedente.

Dato infatti che ad una prima eccitazione ne consegua nello stesso punto della cute una seconda a brevissimo intervallo di circa 3'': dato ancora che questo intervallo rappresenti la durata di trasmissione centripeta della prima eccitazione, partirà la seconda dallo stesso punto cutaneo, quando la prima è appena arrivata al centro senziante, ove arriverà la seconda, dopo tre altri centesimi'', in un momento quindi, nel quale il lavoro sensorio centrale della prima non è ancor giunto alla metà della propria durata media di 8,4''.

Si comprende facilmente, che date queste medie, se l'intervallo fra la prima e seconda eccitazione fosse di molto superiore a 3'' ed eguale, per es., a 10'', in allora la seconda eccitazione arriverebbe al centro in un tempo, nel quale sarebbero pressochè esaurite le azioni sensorie destinate dalla eccitazione precedente, mentrechè invece si troverebbero ancora in attualità di trasmissione centripeta le due eccitazioni, se la seconda consegue alla prima ad intervallo minore di 3''.

Questa seconda contingenza non turberebbe, a vero dire, il criterio della indagine, perchè avrebbe per effetto di anticipare l'arrivo al centro della seconda eccitazione e di prolungare conseguentemente, coll'intervallo fra questo arrivo e il termine dell'azione centrale destinata dalla prima eccitazione, il periodo centrale della seconda.

È invece evidente che agirebbe turbando la prima contingenza di un intervallo fra le due eccitazioni siffattamente prolungato, da giungere la seconda ad un centro già disimpegnato dal lavoro della prima, e libero quindi di attendere ad una seconda sensazione senza prolungamento del periodo centrale.

Dovendo ora, per quanto istantanea la manualità della eccitazione, decorrere pur qualche intervallo, anche minimo, fra le due, era necessario accertare la possibilità che questo intervallo non avesse una durata maggiore di 3 o 4'' e che quindi la seconda eccitazione arrivasse nel volgere dell'attività centrale della prima.

Tale accertamento si rendeva tanto più necessario, quantochè trattandosi di minime distanze e di minimi tempi, variazioni anche minime delle une e degli altri non sono tali che in apparenza, mentre invece diventano realmente cospicue, se riferite alla esiguità dei valori cardinali.

Gli è perciò che mediante lo stesso apparecchio di d'Arsonwal, che controllato da quello di Hipp, ho impiegato alla designazione dei tempi totali, cercai anche determinare l'intervallo fra le due eccitazioni, regolando l'eccitatore in modo, che ad una rapida apertura e chiusura di una prima eccitazione, si ottenesse un breve tratto di movimento cro-

noscopico, susseguito poi dal più lungo tratto compreso fra l'apertura della seconda eccitazione e la chiusura di reazione.

Usata l'avvertenza che al quadrante del cronoscopio di d'Arsonwal devono attendere due osservatori, tutto questo si può facilmente ottenere senza levare l'eccitatore dalla cute, con necessario risparmio di tempo, e con certezza assoluta di aver sempre eccitato il medesimo punto.

Ripetute prove che io feci al proposito, anche allo scopo di raffinare esercizio, mi convinsero: che l'intervallo fra le due eccitazioni, con opportuna manualità, può essere anche ridotto a meno di 3 ed anche a meno di 2''.

Le mie sperienze, riassunte nell'annessa tabella furono fatte da dicembre a maggio inclusivo dello scorso anno.

Il tempo totale delle eccitazioni digitali fatte in dicembre e gennaio ha dato una media di 15,36'', mentre quello delle stesse eccitazioni fatte da febbraio a maggio ha dato una media di 15,30''. Vi sono anzi dei casi (come ai N.ⁱ 5 7 8 e 9) nei quali, delle precedenti eccitazioni fatte sulla stessa persona nei freddi mesi di dicembre e gennaio diedero un tempo totale più lungo in confronto di successive eccitazioni fatte in più mite stagione di febbraio o di marzo.

In queste osservazioni però, le quali accennerebbero a confermare l'assunto di una velocità di trasmissione variante colla temperatura, non insistiamo, essendocene occupati in apposite esperienze già comunicate a questo Istituto. Faremo osservare piuttosto, a prova dell'attendibilità di ricerche, le quali vanno acquistando valore colla identità numerica delle risultanze, come la media generale del tempo totale digitale in 15,33'' di queste ultime determinazioni non differisca che di 0,07'' rispetto alla media di 15,4'' avutasi nella serie di osservazioni fatte e comunicate a questo Istituto nel 1892 (1) e di solo 0,4'' differiscano fra loro le eccitazioni frontali delle due epoche suddette.

E giacchè sono in argomento, mi sia lecito riassumere, a scopo di migliore apprezzamento, le altre medie di allora, comparativamente alle odierne colle rispettive differenze, dalla cui esiguità meglio risulta l'attendibilità delle relative determinazioni

	ECCITAZIONE		Differenza fra le due	Velocità di trasmissione in metri	Durata di trasmissione	Durata del periodo centrale
	Digitale	Frontale				
Medie 1892	15.40	12.70	2.70	36	5.6	8.40
" 1895	15.33	13.10	2.22	42	4.6	9.33
Differenze	0.07	0.4	0.48	6	1	1.70
Medie 1896	15.50	13.66	1.48	5	4.1	10.40

(1) Luogo citato.

Piucchè da quelle fra il 1892 e 95 differiscono invece le medie di altre cinque determinazioni di cui parleremo più innanzi, le quali furono fatte nel maggio del corrente anno e per le quali mostrasi a mio avviso la influenza della temperatura sull'aumento di velocità di trasmissione e sul conseguente allungamento del periodo centrale.

Se ora, in 10 dei 38 casi che formano oggetto delle prove 1895 e nei quali si è ripetuta due o tre volte sulla stessa persona la eccitazione digitale e frontale semplice, si confrontano le relative differenze dei tempi totali, si ottiene una media di 0,35'', astrazione fatta dal N.º 1, dichiaratosi nevrotico e presentante una massima differenza di 1,9''.

Questa media differenza di 0,35'', intercedente fra le ripetute eccitazioni digitali e frontali semplici nella stessa persona, non è equiparabile alla relativamente cospicua differenza che si vede invece intercedere fra il tempo total digitale della eccitazione semplice e il tempo total digitale della eccitazione doppia nella stessa persona. Dall'esame delle 50 prove registrate nella tavola, risulta che questa differenza può oscillare fra un minimo di 0,9'' ed un massimo di 4,6'' con una media compresa fra 1,5'' e 2'', risultante da fattori in massima parte rappresentati o poco dissimili da queste cifre.

Si dovrà quindi escludere il dubbio che il costante aumento del tempo total digitale nella eccitazione doppia sia riferibile alle variazioni proprie delle ripetute eccitazioni semplici sulla stessa persona, variazioni che come dicemmo possono essere in media calcolate a 0,35'', mentre l'aumento del tempo total digitale nella eccitazione doppia rispetto alla semplice sale ad un piucchè sestuplo valore medio di 2''.

Escluso questo dubbio, resta a vedersi se l'aumento del tempo total digitale nella eccitazione doppia sia attendibilmente ascrivibile, come facemmo, ad un corrispondente aumento nella durata del periodo centrale, o non piuttosto ad una diminuzione del periodo e quindi della velocità di trasmissione, relativamente alla quale soltanto risulterebbe aumentato il periodo centrale.

L'attendibilità del nostro riferimento al periodo centrale del prolungamento del tempo total digitale nella eccitazione doppia rispetto alla semplice, risulta principalmente dalle seguenti considerazioni:

1.º Essendo in media rappresentato da 4,6'' la durata sommaria del periodo di trasmissione, epperò da 2,3'' quella di ciascun periodo centripeto e centrifugo, ed essendo rappresentato in media da 2'' il prolungamento del tempo digitale nella eccitazione doppia, ne verrebbe per la durata normale di 2,3'' una velocità di 41 metri al secondo, che dovrebbe ridursi a 28 metri se la durata dei periodi di trasmissione aumentasse da 2,3 a 3,3''. Ora è ben vero che col seguito metodo di riferimento al tempo centrale dell'aumento del tempo di eccitazione digitale doppia, abbiamo supposta eguale la velocità di trasmissione; ma questa supposizione è più verosimile dell'altra, che riferisse l'aumento suddetto a tale variazione di durata del periodo di trasmissione da portare altrettanta riduzione di velocità, quale non appare che una sol volta non in 28 ma in un minimo di 29,68 metri nelle ricerche attuali. Ciò tanto più, quanto che escluso l'eccezionale N.º 1, in altri 10 casi, nei quali si è duplicata o triplicata l'eccitazione semplice nella stessa persona, si ebbero variazioni di velocità corrispondenti ad una media di 5 metri, mentrechè invece volendo riferire al periodo di trasmissione l'aumento del tempo digitale nella eccitazione doppia si dovrebbero avere delle variazioni di 13 metri.

2.º Non è punto verosimile che in tutti i casi registrati nella tavola, portanti tutti un aumento del tempo di eccitazione digitale doppia rispetto alla semplice, abbia luogo nel riferimento di tale aumento al periodo di trasmissione una diminuzione ed una tanto

considerevole e costante diminuzione di velocità da corrispondere ad una media di 2". Potrà essere che in alcuni dei detti casi l'aumento debba essere riferito anche per intero alla durata del periodo di trasmissione, ma non si può escludere che in altri il riferimento debba farsi in parte a questo periodo e in parte al periodo centrale e in altri ancora per intero a quest'ultimo periodo.

È in vista di tali dubbiezze che mi accinsi a controllare il precedente metodo, che direi indiretto, di riferimento incondizionato al periodo centrale, del prolungamento del tempo di eccitazione digitale doppia rispetto alla semplice con un metodo di determinazione diretta, nella stessa persona, dei singoli tempi e dei singoli loro periodi nella eccitazione semplice e doppia.

Quest'altro metodo, certamente più sicuro, esige per la stessa persona e possibilmente nella stessa seduta: 1.º la eccitazione digitale e frontale semplice, 2.º la eccitazione digitale e frontale doppia. Si calcola dai risultati la velocità di trasmissione, la conseguente durata dei relativi periodi e si è quindi autorizzati a deferire indubbiamente le eventuali eccedenze al periodo centrale.

Come però ad ottenere cifre attendibili per la loro uniformità occorre in tali esperienze costruire la media su molti fattori, che io in genere ridussi a 20, così ne deriva che ad ogni persona devono farsi 40 eccitazioni semplici e 40 eccitazioni doppie. Che se per se stesso il numero delle eccitazioni non presenta ostacolo di sorta, lo presenta invece la tensione della mente della persona sperimentata, che stancandosi dopo qualche tempo, viene a mancare della necessaria prontezza nella reazione.

Fra le molte prove incomplete, per l'anzidetta ragione di stanchezza, ho potuto raccoglierne al completo 5, che riproduco nel sottostante specchietto, dal quale, per tutti i cinque casi risulta un allungamento del periodo centrale nella eccitazione doppia, rispetto alla durata di questo periodo nella eccitazione semplice; allungamento che raggiunge una media di 1,3", intorno alla quale cifra si aggira la massima parte delle determinazioni fatte col metodo precedente, al punto che, se dal numero totale delle cinquanta osservazioni fatte su 38 persone si escludono come eccezionali od anomale quelle, che in numero di 8 o 10, diedero un aumento maggiore di 2" e si costruisca la media sulle 40 residue, che diedero invece degli aumenti minori di questa cifra, si viene ad ottenere una media di 1,38" molto prossima a quella di 1,3" ottenuta col metodo attuale.

E notisi che anche gli otto o dieci casi che dicemmo anomali od eccezionali, nei quali l'aumento ebbe a superare i 2", avrebbero potuto essere tali, per cui, in ragione del metodo adoperato, questo forte aumento rappresentasse la somma di un reale aumento del periodo centrale e di una minore durata del periodo di trasmissione. Osservando infatti il N.º 1, (dichiaratosi nevrotico) dell'annessa tavola, nelle due prove fatte sul medesimo si trova un primo aumento di 1,5", a cui corrisponde una velocità normale di 45 metri, mentre in una seconda prova l'aumento sale a 2,9" con corrispettivo aumento quasi doppio della velocità in 95 metri. Evidentemente in questo caso, come negli altri consimili, l'eccedenza di 2,9 su 1,5 = 1,4, non deve essere riferita ad un ulteriore prolungamento del periodo centrale, sibbene ad una minore durata del periodo di trasmissione.

Delle 5 complete prove ottenute col metodo diretto riassumo i risultati nel seguente specchietto:

ECCITAZIONE SEMPLICE						ECCITAZIONE DOPPIA						
Digi- tale	Fron- tale	Diffe- renza	Velo- cità	DURATA DEI PERIODI		Digi- tale	Fron- tale	Diffe- renza	Velo- cità	DURATA DEI PERIODI		
				Tras- miss.	Cen- trale					Tras- miss.	Cen- trale	Allung- del periodo centrale
14.7	13.3	1.4	68	3.2	10.5	16.2	14.9	1.3	73	2.9	12.3	1.8
16.2	14.9	1.3	73	2.9	12.3	17	15.8	1.2	79	2.6	13.4	1.4
15.1	13.3	1.8	53	4	10.1	15.6	14.1	1.5	63	3.3	11.3	1.2
15.5	12.8	2.7	35	6	8.5	15.8	13.6	2.2	43	4.8	10	1.5
16	14	2	47	4.4	10.6	17	15	2	47	4.4	11.6	1
M E D I E												
15.50	13.66	1.84	55	4.1	10.4	16.3	14.7	1.64	61	3.6	11.7	1.3

Dalle numerose ricerche fatte dovrei essere quindi autorizzato a concludere:

1.° Che nella doppia eccitazione dello stesso punto della cute ad intervallo di circa 2 a 3 centesimi, ha luogo un allungamento del periodo centrale di 1 a 2 centesimi.

2.° Che questo allungamento è rilevabile tanto direttamente, paragonando le risultanze cronometriche della eccitazione semplice e doppia, con le relative determinazioni della durata dei periodi di trasmissione: quanto indirettamente, riferendo al periodo centrale l'aumento del tempo totale di eccitazione digitale doppia, rispetto alla sua durata nella eccitazione semplice, con determinazione della durata del relativo periodo centrale.

A me pare che questa maggiore durata del periodo centrale nella doppia eccitazione, a brevissimo intervallo, di un medesimo punto della cute, non possa altrimenti riferirsi che alla inettitudine fisiologica del sensorio di svolgere una nuova sensazione nel volgere di una sensazione precedente.

Senza discutere inopportunitamente sulla essenza del processo di sensazione, nel campo biologico si deve ammettere: che ogni azione fisiologica si riduca, o quanto meno, per deferenza spiritualistica, si concommiti ad un movimento, del quale non possiamo intendere la insorgenza quando è già insorto, nella stessa guisa che non possiamo immaginare un pendolo che si trovi contemporaneamente all'inizio ed al termine della sua oscillazione, o nella stessa guisa che non possiamo immaginare, se non pel grado, la insorgenza di una nuova contrazione in un muscolo già contratto.

Non sarebbe quindi che al restituirsi dell'equilibrio statico delle molecole interessate nel movimento sensorio, che diventerebbe possibile la insorgenza di un nuovo movimento di sensazione. Il tempo impiegato al restituirsi di questo equilibrio deve necessariamente interessare il periodo centrale, d'onde appunto il suo allungamento nella doppia eccitazione.

A questo proposito però la esperienza c'insegna che, astraendo dalla possibilità (studiata principalmente da Weber) di avere una sensazione unica da due diversi punti della cute eccitati contemporaneamente, nella generalità dei casi siamo capaci di percepire contemporaneamente due sensazioni da due diversi punti della cute eccitati nel medesimo tempo.

Al sensorio dunque non manca quella facoltà di contemporanea percezione, che per un medesimo punto due volte eccitato in tempi assai prossimi, non ha luogo, senza prolungamento del periodo centrale della seconda sensazione.

Da questa differenza di contegno parmi debba emergere la illazione: che mentre nella eccitazione doppia di un medesimo punto è allungato il periodo centrale della sensazione susseguente per impegno del sensorio nella sensazione precedente, nella contemporanea eccitazione invece di due punti, la percezione contemporanea è resa possibile, dalla libera azione di due diversi centri di sensazione, corrispondenti ai due diversi punti eccitati.

Il che conduce all'altra illazione: che ai diversi punti sensibili della cute, devono corrispondere altrettanti diversi punti del sensorio, i quali appunto per essere diversi, sono anche capaci di un movimento di sensazione contemporanea.

Ne verrebbe: che ad un mosaico di punti sensibili della cute, dovrebbe corrispondere un mosaico di punti senzienti del cervello, in guisa identica a quella, per la quale, al mosaico dei punti eccitanti della sfera celeste, corrisponde il mosaico dei punti eccitabili della sfera retinica. Mosaico della sfera retinica, il quale, se corrisponde al postulato fisiologico di accogliere la eccitazione da ogni esterno punto eccitante, non corrisponderebbe per sè solo al fatto fisiologico della distinta visione contemporanea di due oggetti (equidistanti dall'occhio) se non fosse completato da un mosaico cerebrale di elaborazione sensoria delle eccitazioni destinate nelle diverse fibre del nervo ottico.

Nemmeno infatti occorre osservare, che queste eccitazioni, per se stesse identiche, nei loro effetti immediati, a quelle di ogni altra fibra nervosa, non raggiungono il grado di sensazione, se non per insorgenza di un movimento cerebrale (sensorio) destato dalla trasmissione centripeta dello stesso movimento di eccitazione periferica della fibra nervosa. Ora, le fibre che dal mosaico retinico vanno, per il nervo ottico, al cervello, raccolgono è vero la eccitazione da ogni punto dello spazio, ma è soltanto nel cervello che queste eccitazioni sensorialmente indifferenti e comuni a tutte le fibre nervose, si trasformano in sensazioni, delle quali non sarebbe possibile la percezione contemporanea, come lo è invece la visione contemporanea, se a ciascuna di queste fibre o a ciascuno dei punti eccitabili delle medesime nel mosaico retinico, non corrispondesse un proprio punto sensorio nel cervello e se dalla somma di questi punti non risultasse un corrispondente mosaico o qualsiasi altra forma di agglomerato sensorio.

Potremmo chiarir meglio il concetto con un esempio, immaginando che da vari punti dello spazio partano diversi fili telegrafici convergenti ad una stazione corrispondente al mosaico retinico. Dalle eccitanti stazioni di partenza di questi fili si determina in essi la trasmissione di una corrente elettrica, la quale, pur mantenendo identica natura di corrente in ciascuno di essi (come nelle fibre nervose mantiene la sua identica natura la eccitazione), giunta che sia alla stazione di arrivo, vi acquista, per opera d'uomo, una significazione telegrafica, corrispondente alla trasformazione sensoria di un comune ed identico movimento di eccitazione delle fibre nervose. Come però nella stazione d'arrivo non sarebbe possibile la trasformazione telegrafica delle comuni ed identiche correnti contemporaneamente derivanti dai fili, senza pluralità di congegni trasformatori, così nella stazione sensoria essendo impossibile la recezione contemporanea di due trasmissioni da uno stesso punto sensibile e risultando invece dalla esperienza la possibilità, che da due diversi punti sensibili si abbiano due contemporanee sensazioni, non potrà questa possibilità essere intuita, se non immaginando, che a ciascun filo conduttore od a ciascuna fibra del nervo ottico corrisponda una stazione d'arrivo, riprodotte con quella delle altre fibre un mosaico od un qualsiasi altro agglomerato di stazioni cerebrali.

Senza pretendere a novità di comparazione, mi sono permesso di portare questo esempio e di sorreggerlo con quello del mosaico retinico, per meglio chiarire appunto il concetto che data la impossibilità di due sensazioni contemporanee da uno stesso punto senziante della cute, e data invece la possibilità di queste contemporanee sensazioni da due diversi punti della medesima, non si può comprendere questa possibilità, senza ammettere una diversa sede centrale di trasformazione sensoria e senza ammettere quindi che tutti i punti sensibili della cute sieno riprodotti nel cervello da altrettanti punti senzienti.

Questa specie di discentramento lo vediamo avverarsi anche per le azioni motrici, tanto per ciò che riguarda l'emanazione del movimento volontario da una specie di mosaico di centri motori corticali, quanto anche per ciò che riguarda la circoscrizione del movimento volontario a determinati muscoli o a determinati gruppi muscolari.

E lo vediamo ancora avverarsi in un altro mosaico, che potremmo dire psichico o frenologico, il quale, per quanto fino ad ora vogliasi ritenere incerto nella specifica funzionalità e nella limitazione de' suoi diversi comparti, non cessa per questo di genericamente estrinsecarsi nella frequente corrispondenza dei tipi psichici coi tipi evolutivi del cranio e del cervello.

PROSPETTO

**DEGLI ALLUNGAMENTI DEL TEMPO TOTALE DIGITALE NELLA DOPPIA ECCITAZIONE
DI UNO STESSO PUNTO CUTANEO IN 55 PROVE SU 38 PERSONE.**

PROSPETTO degli allungamenti del tempo totale digitale nella doppia

N. progress.	Data di eccitazione		Tempo totale di eccit. semplice		Differenza	Velocità di trasmissione in metri al minuto'	Durata del periodo		Tempo totale di eccitaz. digitale doppia	Allungamento rispetto alla eccitaz. digitale semplice	Allung. medio di varie prove sulla stessa persona	
	semp.	doppia	digitale	frontale			di trasmiss.	centrale				
1	14/12		17.1	15.0	2.1	45.23	4.6	15.5	18.6	1.5	2.20	Dichiaratosi nevrotico.
	19/1	12/1	15.2	14.2	1.0	95.00	2.2	12.0	18.1	2.9		
2	14/12		14.6	13.1	1.5	63.33	3.3	10.3	19.2	4.6	3.63	
	13/1		14.3	13.2	1.1	86.36	2.4	10.9	18.0	3.7		
	19/1		14.7	13.1	1.6	59.37	3.5	10.2	17.3	2.6		
3	14/12		16.3	14.1	2.2	43.18	4.9	10.4	19.0	2.7	2.65	
	20/1		15.7	13.8	1.9	50.00	4.2	10.5	18.3	2.6		
4	16/12		16.5	13.8	2.7	35.18	6.0	9.5	20.7	4.2	3.25	
	20/1		15.5	13.7	1.8	52.77	4.0	10.5	17.8	2.3		
5	18/12		15.4	12.5	2.9	32.75	6.4	8.0	19.6	4.2	3.15	
	16/2		15.2	12.9	2.3	11.30	5.1	9.1	17.3	2.1		
6	26/1		14.9	12.6	2.3	41.30	5.1	8.8	16.1	1.2	1.25	
	27/1		14.8	12.9	1.9	50.00	4.2	9.6	16.1	1.3		
7	26/1		15.1	12.5	2.6	36.53	5.8	8.3	16.1	1.0	1.10	
	10/2		14.9	12.3	2.6	36.53	5.8	8.1	16.1	1.2		
8	27/1		14.9	12.8	2.1	45.23	4.6	9.3	16.2	1.3	1.35	
	10/2		14.8	13.2	1.6	59.37	3.5	10.3	16.2	1.4		
9	27/1		15.3	12.6	2.7	35.18	6.0	8.3	16.6	1.3	1.35	
	15/2		15.2	12.1	3.1	30.64	6.9	7.3	16.6	1.4		
10	22/2		14.7	12.4	2.3	41.30	5.1	8.6	17.8	3.10	1.60	Per questi due casi l'eccitazione semplice era stata fatta 3 anni prima.
11	22/2		15.2	13.2	2.0	47.50	4.4	9.8	16.8	1.60		
12	8/3	9/3	15.6	13.0	2.6	36.53	5.8	8.8	17.1	1.5	1.70	
		16/3							17.5	1.9		
13	8/3	9/3	14.5	12.1	2.4	39.58	5.3	8.2	15.5	2.0	2.10	
		15/3							16.7	2.2		
14	8/3	15/3	15.9	13.9	2.0	47.50	4.4	10.5	17.2	1.30		
15	9/3	16/3	14.3	12.0	2.3	41.30	5.1	8.2	16.9	2.60		
16	21/3	21/3	15.4	12.3	3.1	30.64	6.9	7.5	16.5	1.1	1.00	
		23/3							16.3	0.9		
Medie generali.												

NB. Una sola cifra mediana nella finca delle date indica che le due eccitazioni, semplice e doppia, furono fatte nello stesso giorno. — Nel calcolare la media di due o più eccitazioni.

eccitazioni di uno stesso punto cutaneo in 55 prove su 38 persone.

N. progress.	Data di eccitazione		Tempo totale di eccit. semplice		Differenza	Velocità di trasmissione in metri al minuto	Durata del periodo		Tempo totale di eccitaz. digitale doppia	Allungamento rispetto alla eccitaz. digitale semplice	Allung. medio di varie prove sulla stessa persona	
	semp.	doppia	digitale	frontale			di trasmiss.	centrale				
17	21/3	22/3 23/3	16.3	14.7	1.6	59.37	3.5	11.8	17.5 17.2	1.2 0.9	1.05	
18		22/3	16.9	14.6	2.3	41.30	5.1	10.8	17.9	1.00		
19	22/3	23/3 4/4	15.9	14.3	1.6	59.37	3.5	11.4	17.6 17.2	1.7 1.3	1.50	
20		29/3	15.0	13.1	1.9	50.00	4.2	9.8	16.7	1.70		
21	28/3	29/3	14.4	11.8	2.6	36.53	5.8	7.6	16.0	1.60		
22	28/3	30/3	15.4	13.4	2.0	47.50	4.4	10.0	16.6	1.90		
23	28/3	30/3	14.7	12.6	2.1	45.23	4.6	9.1	17.0	2.30		
24	26/4	27/4	14.5	12.3	2.2	43.18	4.9	8.6	16.7	2.20		
25	26/4	27/4	15.3	12.4	2.9	32.75	6.4	7.9	18.6	3.30		
26	2/5	3/5	15.3	13.4	1.9	50.00	4.2	10.1	18.0	2.70		
27	2/5	3/5	15.7	13.9	1.8	52.77	4.0	10.7	17.4	1.70		
28	9/5	10/5	15.7	14.7	1.0	95.00	2.2	12.5	17.6	1.90		
29	9/5	10/5	16.2	13.0	3.2	29.68	7.1	8.1	18.1	1.90		
30		10/5	15.4	12.9	2.5	38.00	5.5	8.9	17.8	2.40		
31	17/5	18/5	15.0	12.6	2.4	39.58	5.3	8.7	15.9	0.90		
32	17/5	18/5	14.4	12.6	1.8	52.77	4.0	9.4	15.8	1.40		
33	17/5	18/5	15.3	13.2	2.1	45.23	4.6	9.7	16.8	1.50		
34		23/5	16.3	14.5	1.8	52.77	4.0	11.3	17.7	1.40		
35		23/5	14.4	12.5	1.9	50.00	4.2	9.2	16.3	1.90		
36		25/5	15.4	13.4	2.0	47.50	4.4	10.00	16.9	1.50		
37		30/5 31/5	15.9 15.7	13.1 13.0	2.8 2.7	33.92 35.18	6.2 6.0	8.7 8.7	18.8	2.9 3.1	3.00	
38	31/5 31/5	1/6 1/6	15.8 15.6	13.5 13.4	2.3 2.2	41.30 43.18	5.1 4.9	9.7 9.7	18.6	2.8 3.0	2.90	
.			15.33	13.10	2.22	42	4.6	9.33	17.5	2.2	2.07	
										calcolata sulla differenza fra 16,8 e 17,5.	costrutta sulle medie singole.	
										2.02		
										costrutta su tutti i fattori.		

La durata della trasmissione si tenne conto del periodo di latenza. — Le cifre grosse esprimono

Vol. 8 = 9 della Serie 3.
fascicolo 4 = pubbl. 1898
arg. $\frac{29}{2}$ 1898 N° 79
L. O. 55 (Hoeppli 64)

51

AMMONITI

DEL

SENONIANO LOMBARDO

NOTA
del S. C. professore E. MARIANI
(con una tavola).

letta nella seduta 20 gennaio 1898.



Poche sono le ammoniti della creta superiore finora trovate nella Lombardia. Nelle marne micacee grigiastre, o negli interstrati di calcare marnoso, di Brenno, Tregolo, dei dintorni di Merone in Brianza, i fratelli Villa dapprima, e più tardi il prof. Stoppani, raccolsero alcuni frammenti di ammoniti, i quali al presente si trovano in gran parte nella collezione paleontologica lombarda del Museo civico di Milano.

La poco esatta determinazione che in allora si fece di alcuni di quegli esemplari, contribuì a mantenere quella confusione che, per altre note cause, regnava nella cronologica suddivisione della creta nelle nostre Prealpi.

L'*Acanthoceras Rhotomagense*, Brg. sp., e l'*Acanthoceras Mantelli*, Sow. sp., a cui erroneamente si erano riferiti due ammoniti di Brenno, già appartenenti alla ricca collezione paleontologica dei Villa, venivano a portare assai in basso, e cioè nel *cenomaniano*, il livello stratigrafico delle suddette formazioni; le quali, anche per la presenza in esse della caratteristica *Belemnitella mucronata*, Schloth. sp., vanno messe nel *senoniano*, e precisamente nella sua parte superiore, e cioè nel *campaniano*.

Anche nei sottili interstrati marnosi delle arenarie del colle San Vigilio, poco a nord di Bergamo, insieme ad alcuni inoceramidi, si raccolsero dei frammenti di ammoniti, che ora si trovano nel Museo del R. Istituto tecnico di quella città, fuorchè un frammento che trovasi in quello geologico della R. Università di Pavia, e di cui il prof. Taramelli diede alcuni anni or sono una dettagliata descrizione, in una nota importante sul cretaceo dei colli di Bergamo (1).

Anche questi ammoniti della creta bergamasca sarebbero a mio avviso da riferirsi a una forma nota del *senoniano*, ma spettante ad un livello stratigrafico più basso (e cioè al *santoniano*) di quello degli ammoniti delle marne della Brianza.

(1) TARAMELLI T., *Di un ammonite raccolto nei terreni cretacei dei colli di Bergamo* (Rendiconti del R. Istituto lombardo, Serie II, Vol. XXVI, 1893).

fatte. 41 = 1898 = Arg. $\frac{29}{2}$ 1898 N° 79 L. O. 55 = Hoeppli 64

Le ammoniti della nostra creta superiore sono spesso deformate, per lo più schiacciate, in causa di azioni meccaniche che hanno subito gli strati che li contengono, posteriormente al loro deposito. Si è perciò che non ho creduto necessario figurare il lato dorsale delle forme principali, ma solo il fianco meglio conservato di esse.

Le forme che ho potuto determinare sono esclusivamente di Brenno e del colle di Bergamo. Le marne micacee di Tregolo e i calcari marnosi associati a queste presso Merone, hanno dato, come sopra dissi, alcuni frammenti di ammoniti, ma affatto indeterminabili, insieme a pezzetti di rostro della *Belemnitella mucronata*, Schloth. sp., la quale, come ricorda lo Stoppani, venne raccolta in alcune altre località della Brianza (1).

L'esame microscopico di molte sezioni sottili delle rocce ammonitifere di Brenno, di quelle marnose di Petana nella Brianza, e di alcune località cretacee dei dintorni del lago di Varese, ha svelato una ricca fauna a foraminiferi, che ora sto studiando.

Dirò inoltre che su frammenti delle marne di Brenno, ho osservato alcune minutissime spicole di forma allungata, diritte, appuntite alle due estremità, e con un legger solco longitudinale. Il sig. Böhm, nel suo lavoro paleontologico sulla creta superiore di alcune località della Baviera, ha descritte, sotto il nome generico di *Glyptosceptron*, delle spicole aghiformi di *pennatulidi*, la cui forma richiama quella delle suddette spicole di Brenno (2). Diverse forme di *Aleyonaria*, appartenenti alla famiglia *Pennatulidae*, vennero già da tempo descritte dal prof. C. De Stefani nel senoniano superiore dell'Appennino settentrionale (3).

Quattro sono i generi a cui si devono riferire gli ammoniti della creta superiore lombarda (*Mortoniceras* — *Pachydiscus* — *Hauericeras* — *Hamites*).

Il genere *Mortoniceras* Meek, a cui riferisco una forma di Brenno, già erroneamente ritenuta come un *Acanthoceras Rhotomagense* Brg. sp., comprende delle forme che il Neumayr ha riferite al suo genere *Schloenbachia* (4), come fece più tardi anche il prof. Zittel (5). La linea lobale dei *Mortoniceras* è affine a quella degli *Acanthoceras*; ne differisce specialmente per le terminazioni digitali del primo lobo laterale. Come hanno provato i lavori dell'Hauer, del Redtenbacher, dello Schlüter, del Favre, del Seunes, del De Grossouvre, ecc., la distribuzione geografica di questo genere nei mari senoniani fu assai estesa, specialmente in Europa. Ed infatti non poche specie si raccolgono nel cretaceo superiore della Boemia, della Westfalia, della Turenna, dell'Aquitania, delle Alpi occidentali e orientali; a cui ora si può aggiungere anche il versante meridionale delle Alpi (sotto-regione adriatica della regione cisalpina del Douvillé). Fino anche nella creta superiore dell'Africa del nord e dell'America settentrionale, si è raccolta la forma tipica di questo genere (*Mortoniceras texanum*, Roemer, sp.).

Al genere *Pachydiscus* Zittel, appartengono quattro forme di Brenno, di cui una nuova, e una del colle di Bergamo. Nella classica monografia del De Grossouvre sulle ammoniti della creta superiore della Francia, sono tolte da questo genere alcune forme la cui linea lobale presenta molta analogia cogli *Hoplites*, essendo stato preso a tipo del genere *Pa-*

(1) STOPPANI A., *Studi geologici e paleontologici sulla Lombardia*, pag. 212. Milano, 1858.

(2) BOEHM J., *Kreidebildungen des Fürbergs und Salsbergs bei Siegsdorf in Oberbayern*. Palaeontographica, Bd. xxxviii, Lief. I e II, 1891, pag. 105, tav. IV, fig. 21.

(3) NEUMAYR M., *Ueber Kreideammonitiden*

(Sitzung. d. k. Akad. d. Wissen., Bd. LXXI, Abth. I, pag. 658. Wien, 1875).

(4) *Traité de paléontologie*, Tom. II, *Paléozoologie*, Part. I, pag. 450. Paris. 1887.

(5) *Atti della R. Accademia dei Lincei*, Serie IV, Memorie, Vol. I, 1885.

chydiscus il *P. neubergicus* Hauer sp., specie comune nel cretaceo superiore, ma che non ho trovato fra le nostre forme.

Lo Zittel divide, come è noto, il suo genere *Desmoceras* in parecchi gruppi. Il De Grossouvre propone di indicare col nome generico *Hauericeras* quel gruppo che comprende le forme a linea lobale analoga a quella dell'*Ammonites Gardeni* Baily. A questo nuovo genere, di cui l'*A. pseudo-Gardeni* Schlüter (1) sarebbe la specie tipo delle forme del cretaceo superiore, va riferito un modello interno incompleto di Brenno, che presenta distinta parte della linea lobale.

Del genere *Hamites* Park. si ha solo un frammento pure di Brenno, da riferirsi con molta probabilità all' *H. cylindraceus*, Deffr. sp.

MORTONICERAS TEXANUM, Roemer sp.

Tav. VIII (1), fig. 1.

1852. *Ammonites texanus*, F. Roemer, *Kreidebildungen von Texas*, p. 31, tom. III, f. 1.
 1858. *Ammonites texanus*, Roem. in Hauer *Cephalopoden der Gosauschichten*. Beiträge zur Paleont. von Oesterreich, Bd. I, Heft 1, pag. 16, t. II, f. 4-6.
 1873. *Ammonites quinquenodosus*, Redtenbacher, *Die Cephalopodenfauna der Gosauschichten*. Abhandl. d. k. k. Geol. Reichsanstalt, Bd. V, pag. 108, t. 24, f. 3.
 1885. *Schloenbachia Micheli*, Savi, in De Stefani, *Studi paleozoologici sulla creta superiore e media dell'Appennino settentrionale*. Atti della R. Acc. dei Lincei, Serie IV, Vol. I, pag. 109, t. II, f. 6.
 1893. *Mortoniceras texanum*, Roemer sp. in De Grossouvre, *Les ammonites de la craie supérieure*. Mémoires pour servir à l'explication de la carte géolog. dét. de la France, II Partie, pag. 80, t. XVI, f. 2-4: t. XVII, f. 1.

Frammento di un individuo di notevole grandezza.

La conchiglia è formata da giri ricoprentisi poco più di $\frac{1}{3}$: ombelico largo e profondo, a pareti a contorno arrotondato. Sui fianchi si hanno coste elevate, radiali, diritte e separate da larghi intervalli. Una di queste coste a poco più di $\frac{2}{3}$ dall'ombelico si divide in due coste separate da una leggera depressione, come si osserva talvolta nei grandi esemplari di *Mortoniceras Zeilleri* di Grossouvre (*op. cit.*, pag. 67, t. XIV, f. 1). Le coste portano un tubercolo poco lungi dall'ombelico: nessuna di esse ha conservati tutti i 5 tubercoli, che si vedono qua e là sulle coste a differente distanza dall'ombelico. I due tubercoli assai vicini poco lungi dal dorso, sono un po' allungati trasversalmente.

Della linea lobale si vedono solo porzioni dei due lobi laterali. Questa specie è comune nel santoniano inferiore.

Località: Brenno (Collez. Museo civico di Milano).

PACHYDISCUS COLLIGATUS, von Binkhorst sp.

Tav. VIII (1), fig. 2.

1861. *Ammonites colligatus*, von Binkhorst, *Monog. des gastéropodes et des céphalopodes de la craie sup. de Limbourg*, pag. 25, t. VIII, f. 1-3.
 1873. *Ammonites epiplectus*, Redtenbacher, *op. cit.*, pag. 121, t. XXVIII, f. 1.

(1) SCHLÜTER C., *Cephalopoden der oberen deutschen Kreide*. Palaeontographica, Bd. XXI, pag. 54, t. XVI, f. 3-6.

1890. *Pachydiscus fresvillensis*, Seunes, *Contributions à l'étude des Céphalopodes du crétacé supérieure de France*. Mém. Soc. géol. de France: Paléontologie, Mém. N. 2, pag. 3, t. I, f. 1: pag. 14, t. III, f. 1.
1890. *Pachydiscus colligatus*, von Bink sp. in Seunes, op. cit., pag. 6, t. II, f. 19.
1890. *Pachydiscus fresvillensis*, Seunes, *Récherches géologiques sur les terr. secondaires et l'éocène inférieur de la région sous-pyrénéenne du sud-ouest de la France*, p. 236, t. VII, f. 1: t. VIII, f. 1-3.
1893. *Pachydiscus colligatus*, von Bink. sp. in De Grossouvre, op. cit. pag. 202, t. XXIV, f. 1, 3; t. XXXIII.

Modello interno: diametro longitudinale mm. 142; altezza dell'ultimo giro mm. 67: osservo però che è alquanto schiacciato. I fianchi sono ornati da 15 coste principali, che alternano con altrettante coste più brevi, che dal margine esterno si arrestano a circa la metà del fianco. Esse sono tutte equidistanti e separati da intervalli larghi circa tre volte la larghezza delle coste. L'andamento delle coste ombelicali è dapprima e per breve tratto diritto; indi le coste diventano falcate formando un gomito verso la regione esterna.

Oltre a questo modello intero, avviene un frammento di un individuo più giovane, nel quale le coste principali appajate partono da un tubercolo schiacciato e prolungato nel senso radiale, lungo il bordo dell'ombelico.

Qua e là sui fianchi dei due esemplari si vedono porzioni della linea lobale assai frastagliata.

Il grande esemplare lombardo era stato riferito dai fratelli Villa all'*Acanthoceras Mantelli*, Sow. sp.

Il *P. colligatus* è una specie caratteristica del campaniano. Si trova sì a Gosau, a Limbourg, nell'Aquitania, che nei Bassi Pirenei (Seunes).

Località: Brenno (Collezione Museo civico di Milano).

PACHYDISCUS NEGRI, E. Mariani, n. sp.

Tav. VIII (1); fig. 3.

Un modello interno delle seguenti dimensioni:

Diametro longitudinale	mm. 116
„ dell'ombelico	„ 47
Altezza dell'ultimo giro	„ 43.

Giri ricoprentisi circa su $\frac{1}{3}$ della loro altezza, e crescenti abbastanza rapidamente in altezza e larghezza. Ombelico largo e delimitato da parete verticale. Fianco ornato da 15 grosse coste radiali, provvedute di un tubercolo allungato, che nei primi giri trovansi assai vicino all'ombelico, allontanandosi alquanto sull'ultimo anfratto. Circa sulla prima metà dell'ultimo giro fra le coste principali, si ha un'altra costa, dello stesso spessore delle altre, la quale dal bordo esterno discende fin quasi alla metà dell'altezza del fianco; cosicchè sul dorso esterno dell'ultimo giro si hanno 19 coste. Gli spazi intercostali, più larghi delle coste, aumentano gradatamente in larghezza sull'ultimo anfratto.

Linea suturale ignota.

Il *Pachydiscus Negri* presenta delle analogie colle forme adulte del *Pachydiscus subrobustus* Seunes, specie del campaniano della Francia (1). Ne differisce specialmente per lo svolgimento della spira, per la forma e per le dimensioni dell'ombelico.

(1) SEUNES, *Mém. Soc. géol. de France*, Paléontologie, Mém. N. 2, pag. 15, t. IV, f. 1, 1891.

Dedico questa specie al senatore Gaetano Negri, ben noto fra i primi che ebbero a studiare la complicata tettonica della regione porfirica luganese.

Località: Brenno (Collezione Museo civico di Milano).

PACHYDISCUS GALICIANUS, E. Favre sp.

Tav. VIII (1), fig. 4.

1869. *Ammonites Galicianus*, E. Favre, *Description des mollusques fossiles de la craie des environs de Lemberg*, pag. 16, t. III, fig. 5, 6.

Il nostro individuo doveva avere 27 coste principali diritte, con un tubercolo allungato nel senso radiale, lungo il bordo dell'ombelico. Tra le suddette coste ve ne ha un'altra breve; ma non sempre, di guisa che in alcuni punti del fianco due coste principali si seguono immediatamente. Le coste nei giri interni sono assai avvicinate. Ombelico largo. La linea suturale non è visibile. Aggiungerò in ultimo come anche nel nostro esemplare le coste secondarie sembrano talvolta prodotte da biforcazione delle principali, come si osserva nella forma tipica di Lemberg.

Lo Schlüter riferisce a questa specie alcuni esemplari di Haldem e di Lemford nella Germania del nord (1), i quali però hanno le coste leggermente flessuose, e un numero maggiore di coste (21 ombelicali, 50 ventrali). Il De Grosseuvre (op. cit., pag. 178) toglie a ragione queste forme della Germania, dalla specie tipica di Lemberg descritta dal Favre; e ne fa una nuova specie (*Pachydiscus Koeneni*). Forme affini alla specie del Favre, sarebbero, secondo il Seunes, alcuni *Pachydiscus* da lui raccolti nella creta superiore dei Bassi Pirenei, e nel campaniano di Tercis (Landes) (2). Nella creta superiore dell'India (*Ootaoor e Trichinopoly groups*), lo Stoliczka descrisse, sotto il nome di *Ammonites Denisonianus* (3), una nuova forma, la quale ha stretti rapporti con quella del Favre, differendone principalmente per una leggera flessuosità delle coste, e pel numero minore delle coste secondarie.

Località: Brenno (Collez. Museo civico di Milano).

PACHYDISCUS ISCULENSIS, Redtenbacher sp.

1873. *Ammonites isculensis*, Redtenbacher, op. cit., pag. 122, t. XXIX, f. 1.

1893. *Ammonites isculensis*, Redtenbacher in Grossouvre, op. cit., pag. 185, t. XXVI, f. 1; t. XXXVII, f. 1.

Di questa specie ho avuto in esame i modelli in gesso di due individui del Colle San Vigilio, gentilmente favoritimi dal prof. E. Venanzio di Bergamo.

Sono pressochè della stessa grandezza, in parte deformati per pressioni; non sono intieri, ma si completano fra di loro; però dei giri interni solo parte venne conservata. La figura schematica qui riportata rappresenta l'individuo meglio conservato, ridotto a metà della grandezza naturale.

(1) SCHLÜTER, op. cit., pag. 63, t. XIX, f. 3-6; t. XX, f. 9.

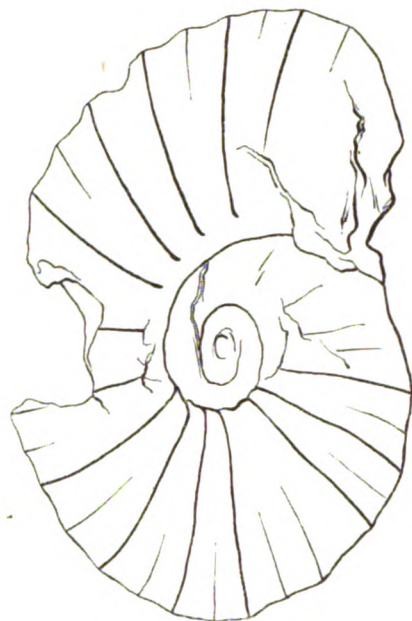
(2) *Recherches géologiques sur les terrains secondaires et l'éocène inf. de la région sous-pyr.*, pag. 238, t. IX, f. 5 — *Contribution à l'étude de cé-*

phalopodes du crétacé sup. de France, ecc. pag. 16, t. VI, f. 4.

(3) *The fossil Cephalopoda of the cretaceous rocks of South India (Ammonitidae)* ecc., pag. 133, t. LXV, f. 4; t. LXVI: t. LXVI^a.

Il bordo esterno è arrotondato. L'ombelico ha pareti fortemente convesse.

Il fianco della conchiglia presenta delle coste ombelicali robuste, separate da larghi intervalli. Esse vicino all'ombelico sono un po' salienti per la presenza di un piccolo tubercolo radialmente allungato. L'andamento delle coste è per lo più rettilineo nella parte mediana del fianco, mentre che vicino all'ombelico le coste sono alquanto arcuate, leggermente invece verso il bordo esterno della conchiglia. Le coste principali nascono dapprima assai vicino all'ombelico, per allontanarsi gradatamente un po' da esso sulla seconda metà dell'ultimo anfratto.



Pachydiscus isculensis, Redt. sp.

Fra le coste principali è per lo più intercalata una costa breve; talvolta se ne hanno due. Queste coste secondarie sono più sottili delle principali, e dal bordo esterno discendono fin quasi alla metà del fianco.

Qua e là sono visibili i lobi finamente frastagliati.

Ritengo che anche il frammento di ammonite pur esso proveniente dalle cave di San Vigilio, e che dissi trovarsi nel r. Museo geologico di Pavia, sia da riferirsi a questa specie.

Il numero minore delle coste, e la presenza del tubercolo allungato ombelicale su di esse, distinguono la specie del Redtenbacher dal *Pachydiscus Linderi*, De Gros-

souvre, colla quale ha qualche analogia, ma che è una specie del senoniano inferiore, o coniaciano, delle Corbières (1).

Il *Pachydiscus isculensis* trovasi nel santoniano inferiore delle Alpi orientali (strati di Gosau); nelle marne ferruginose a *Placenticeras syrtale*, Morton sp. dei dintorni di Sougraignes (Aude).

Non credo che alla specie tipica del Redtenbacher si possa riferire l'esemplare del campaniano inferiore di Éraville (De Grossouvre, op. cit., t. XXII, f. 2), differendone per la forma delle coste.

Località: Colle San Vigilio a nord di Bergamo (N. 2 esemplari nella collezione del Museo di storia naturale del r. Istituto tecnico di Bergamo: N. 1 esemplare nel Museo geologico della r. Università di Pavia).

PACHYDISCUS sp.

Tav. VIII (1) fig. 5.

Porzione dell'ultimo giro di un grande esemplare in parte schiacciato.

Fianco poco convesso; bordo esterno arrotondato; ombelico profondo a parete concava, e unentesi gradatamente coi fianchi. Numerose coste strette, arrotondate, e separate da intervalli più larghi delle coste. Queste sono leggermente arcuate vicino al bordo esterno sulla porzione anteriore dell'anfratto, che venne schiacciato. Tutte le coste partono dall'ombelico, alcune appajate.

(1). DE GROSSOUVRE, op. cit., pag. 188, t. XVIII; t. XXIV, f. 4.

La forma generale di questo nostro esemplare richiama quella del grande individuo di Neuberg (Alpi orientali: strati di Gosau), dall'Hauer descritto come *Ammonites neubergicus* (1), ma che però ha maggiore affinità col *Pachydiscus colligatus*. Si è per l'analogia che il nostro frammento presenta col suddetto individuo di Neuberg, come pure col grande esemplare di *Pachydiscus* della creta superiore di Folx-les-Caves dei dintorni di Limbourg, dal Binkhorst erroneamente riunito al *P. colligatus* (2), che riferisco al genere *Pachydiscus* l'esemplare lombardo, il quale a prima vista sembrerebbe uno *Scaphites* del tipo dello *S. tridens*, specie comune nella creta superiore di Limbourg, Lunebourg, Lemberg, ecc. (3).

Località: Brenno (Collez. Museo civico di Milano).

HAUERICERAS PSEUDO-GARDENI, Schlüter sp.

Tav. VIII (I), fig. 6.

1872-76. *Ammonites pseudo-Gardeni*, Schlüter C., *Cephalop. d. oberen deutschen Kreide*.

Palaeontographica. Bd. XXI, pag. 54, t. XVI, f. 3-6.

L'esemplare lombardo che riferisco a questa specie è un frammento di modello interno: probabilmente rappresenta i giri interni della conchiglia, come crede il prof. C. F. Parona che lo ebbe in esame.

Qua e là sul fianco poco convesso si vedono porzioni della linea lobale (vedi disegno). L'ombelico è abbastanza grande, a pareti ripide: giri più alti che larghi, a sezione ovale. Sul fianco si osserva, assai vicino al bordo esterno, porzione di un solco trasversale, poco profondo, che passa sul bordo, formando un seno colla convessità rivolta in alto. Sul resto del fianco non si osservano altri solchi, forse scomparsi per erosione.

Il De Grossouvre descrive una nuova specie di *Hauericeras* (*H. Fayoli*, op. cit., pag. 200, t. XXVII, f. 7) trovata nel campaniano superiore della Charente, di cui però non è nota la linea lobale, e che differisce dalla suddetta specie dello Schlüter pel numero minore, e per la leggera flessuosità dei solchi.

L'*Hauericeras pseudo-Gardeni* trovasi anche nella creta superiore di Lemberg: forme assai affini ad esso si hanno nel cretaceo superiore di Pondicherry nell'India (4).

Località: Brenno (Collez. Museo civico di Milano).

HAMITES cfr. CYLINDRACEUS, Deffr. sp.

1816. *Baculites cylindraceus*, Deffrance, *Dict. des sc. natur.*, III, pag. 160, suppl.

Porzione di parte mediana diritta, di un grande esemplare, alquanto schiacciato.

Su di esso si osservano nettamente delle coste trasversali, non molto elevate, equidistanti, e separate da intervalli più larghi delle coste. La deformazione del nostro individuo ha reso oblique le coste, come si osserva in quello di Nagorzamy (Lemberg) descritto e



(1) HAUER F. R., *Ueber die Cephalopoden der Gosauschichten*. Beiträge zur Palaeontographie von Oesterreich, Bd. I, Heft. 1, pag. 12, t. III, f. 1, 2.

(2) BINKHORST, op. cit. pag. 25, t. VIII.

(3) VEDI E. FAVRE, op. cit. pag. 24, t. VI.

(4) STOLICZKA, *The fossil Cephalopoda of the cretaceous*, ecc., pag. 61, t. XXXIII, f. 4: pag. 143, t. LXXI, f. 5-7.

figurato dal Favre (1). La grande analogia che l'*Hamites* lombardo presenta, oltre che col su ricordato esemplare dei dintorni di Lemberg riferito all'*Hamites cylindraceus*, Defr. sp., anche con quello di Neuberg (strati di Gosau) (2), e coll' esemplare della creta superiore di Kunread (Limbourg) (3), riferiti essi pure alla citata specie del DeFrance, fa ritenere che a tale specie possa riferirsi quasi con sicurezza il nostro frammento.

Località: Brenno (Collez. Museo civico di Milano).

Eccezion fatta del *Mortonicerus tecanum*, Roemer sp., che finora non era noto nei piani sovrastanti il santoniano inferiore, tutte le altre ammoniti di Brenno sono forme comuni al senoniano superiore o *campaniano*. Si è quindi a questo piano del cretaceo che riferisco le marne grigiastre con interstrati calcari, che sovrastanti alla potente formazione di arenarie e puddinghe a ippuriti, si stendono pressochè da nord-est a sud-ovest lungo il piede meridionale delle Prealpi briantee.

Le arenarie con interstrati sottili marnosi del Colle di San Vigilio di Bergamo, per la presenza del *Pachyliscus isculensis*, Redt. sp., pur essendo anch'esse da riferirsi al senoniano, ne rappresenterebbero il piano medio, e cioè il *santoniano*, che al di là delle Alpi, come a Gosau e a Glaneck, è faunisticamente ben rappresentato.

Il senoniano della Lombardia, come dimostrano le su descritte ammoniti, presenta grande analogia con quello del versante nord delle Alpi (strati di Gosau), e col senoniano della provincia cretacea occidentale d'Europa.

Ciò prova come durante il senoniano esisteva una comunicazione fra il mare che copriva la regione a sud delle Alpi con quello a nord. Contemporaneamente un'altra comunicazione attraverso alle Alpi doveva essersi stabilita verso occidente, ove questo mare cretaceo si spingeva a sud fin nei Pirenei occidentali (Bassi Pirenei e Lande).

Concludendo si può stabilire come la nostra fauna senoniana ad ammoniti è sensibilmente sincrona con quella degli strati di Gosau (marne a inocerami di Neue-Welt, calcari silicei di Neuberg e di Krampen, strati dei dintorni di Reichenhal, strati a *B. mucronata* di Siegsdorf, marne superiori di Glaneck); come pure con quelle della provincia occidentale più volte ricordate.

Ricorderò infine che anche nel senoniano di Pondicherry nell'India meridionale (piano di Ariyalùr), e di cui recentemente il dott. F. Kossmat ha in parte riveduta la ricca fauna (4), si hanno, oltre che delle ammoniti del senoniano europeo, delle forme le quali presentano molta analogia con alcune dei più noti giacimenti fossiliferi delle provincie orientale e occidentale della nostra creta superiore.

Milano, Museo civico, gennajo 1898.

(1) FAVRE E., op. cit., pag. 26, t. VII, f. 1.

(2) HAUER F. R., op. cit., pag. 8, t. I, f. 3-6.

(3) BINKHORST, op. cit., pag. 36, t. v^b, f. 5-7.

(4) FORBES E., *Report on the fossil invertebrata from Southern India*. Trans. geolog. Soc., London, II ser., 1846.

HENRY F. BLANFORD e F. STOLICZKA, *The fossil Cephalopoda of the cretaceous rocks of Southern India*. Memoirs of the geological Survey of India. — Palaeontologia Indica, Ser. I, 1861, Ser. III, Part. I-13.

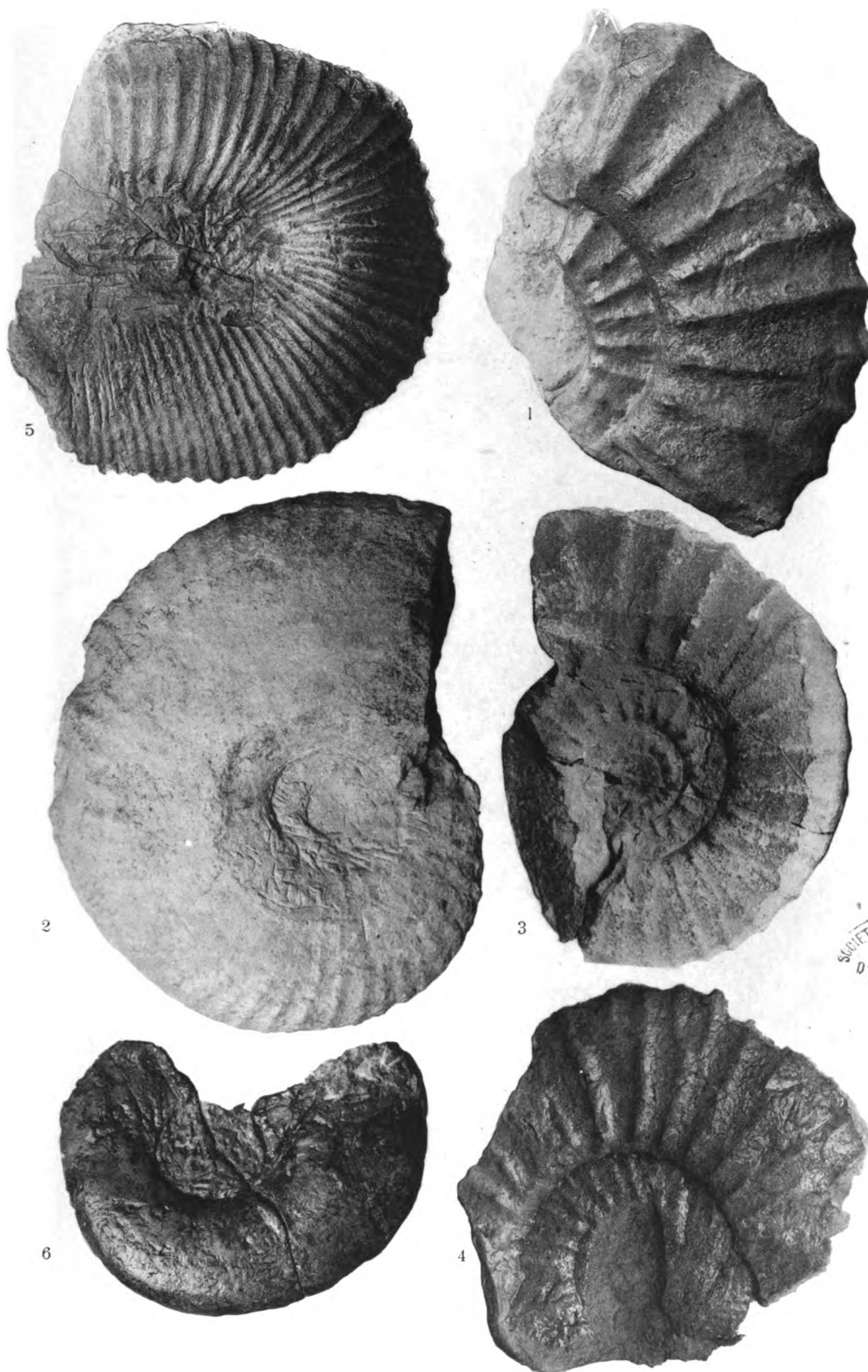
KOSSMAT F., *Ueber die Bedeutung der Südindische Kreideformation*, etc. Jahrb. k. k. Geolog. Reichs. Wien, XLIV, 1894.

KOSSMAT F., *Untersuchungen über Südindische Kreideformation*. Beiträge zur Geologie und Palaeontologie Oester. Ungarns und des Orients, IX Heft. Wien. 1895.

KOSSMAT F., *The cretaceous deposits of Pondicherry*. Records of the geological Survey of India, Vol. XXX, Part. II, 1897.

E. MARIANI, *Ammoniti del Senoniano Lombardo.*

(Tav. I).



SOCIETÀ D'INCORPORAMENTO
MILANO
D'ARTI E MESTIERI

E. Mariani fotografò.

ELIOTIP. CALZOLARI E FERRARIO, MILANO.

SPIEGAZIONE DELLA TAVOLA VIII (I).

Fig 1.	<i>Mortoniceras texanum</i> , Roemer sp. . . .	Grandezza naturale	Brenno
" 2.	<i>Pachydiscus colligatus</i> , von Binkorst sp. .	Ridotto a circa $\frac{2}{3}$	"
" 3.	" <i>Negri</i> , E. Mariani, n. sp. . . .	" "	"
" 4.	" <i>Galicianus</i> , E. Favre sp. . . .	Grandezza naturale	"
" 5.	" sp.	Ridotto a circa $\frac{3}{5}$	"
" 6.	<i>Hauericeras pseudo-Gardeni</i> , Schlüter sp.	Grandezza naturale	"



Manoscritto 5 del
vol. 18, - 9 della
serie 3.
Acquisito da 1898 n. 189
L. 1.79 Hoogli 240

61

ORIGINE
DEL
SISTEMA PLANETARIO ELIOCENTRICO
PRESSO I GRECI.

MEMORIA

del M. E. prof. G. SCHIAPARELLI,

presentata al Reale Istituto Lombardo di scienze e lettere
nell'adunanza del 17 marzo 1898.



Le speculazioni dei filosofi e degli astronomi greci intorno alla disposizione generale dell' Universo ed intorno al movimento dei corpi celesti costituiscono uno dei capitoli più interessanti e più belli nella storia della coltura antica. Veramente la scarsità dei documenti e lo stato imperfetto della tradizione hanno reso assai difficile il rendersi conto dei vari gradi, per cui dalle più rozze e primitive costruzioni il genio ellenico seppe, in meno di due secoli, elevarsi all'idea del sistema eliocentrico, di quello cioè che fu più tardi rimesso in onore da Copernico. Tuttavia, grazie alle recenti fatiche di alcuni dotti investigatori, allo studioso della storia astronomica è concesso di seguire, per lo più con discreta continuità, l'evoluzione delle idee dei Greci intorno a questo argomento. Restano però diverse lacune, le quali finora non fu dato di supplire con piena soddisfazione; ed in più casi è da credere, che dalla insufficienza dei documenti saremo per sempre ridotti a doverci contentare di congetture più o meno plausibili. Ma vi sono alcuni altri punti, su cui un esame approfondito di ogni speciale questione potrà produrre ancora qualche maggior luce, e condurre ad un grado di probabilità più soddisfacente; in particolare, se alla critica filologica ed istorica dei testi antichi, alla quale giustamente si è data fino ad oggi la primaria importanza, si aggiunga un'altra critica non meno necessaria, di cui l'abito si può acquistare soltanto colla diuturna e meditata osservazione di quegli stessi fenomeni, che agli antichi sapienti servirono già a stabilire le loro ipotesi astronomiche.

Di tali questioni ancora capaci di ulteriore elucidazione, nessuna mi sembra più importante, che quella segnata in fronte al presente scritto: e nessuna mi pare più degna di essere esaminata colla maggior cura possibile. Noi vediamo infatti in Atene, intorno all'anno 330, Aristotele con Callippo e Polemarco ancora affaticarsi per adattare le sfere omocentriche di Eudosso alle proprie teorie fisiche dell'Universo. Cinquanta o sessant'anni dopo, Aristarco di Samo proclama al mondo, come ipotesi probabile, il sistema astronomico che poi fu detto di Copernico! Quale fu la rapida evoluzione d'idee, che produsse in tempo

così breve così straordinario risultato? V'ha di più. Il grandioso concetto non trova terreno adatto a mettere profonde radici; e quasi subito dopo annunciato, scompare. Per quali cause, ed in qual modo è ciò avvenuto? Ecco i quesiti, a cui ho voluto cercare una risposta, forse troppo obbedendo alla mia curiosità, e forse non abbastanza tenendo conto della mia insufficiente preparazione filologica.

Venticinque anni fa io ebbi già occasione di trattar brevemente lo stesso argomento nella mia Memoria *Sui precursori di Copernico nell'antichità* (1). Nell'esporre il progresso che dalle idee di Platone e di Eudosso condusse a quelle di Aristarco e di Seleuco, dovetti allora ajutarmi più con caute congetture, che con uno studio veramente accurato e completo degli elementi della questione. Già però fin d'allora io aveva riconosciuto, che la vera chiave del problema stava nell'ipotesi degli eccentri mobili, in quel tempo affatto negletta dagli storici dell'astronomia; e fui condotto a congetturare, che al sistema di Copernico i Greci fossero arrivati passando per quello di Ticone. Le presenti ricerche, assai più rigorose ed assai più complete, hanno confermato la parte sostanziale delle mie conclusioni d'allora, correggendole in qualche particolare.

Io le avevo presso a poco condotte a termine, quando mi venne sott'occhio l'opera importante di Paolo Tannery, intitolata *Recherches sur l'histoire de l'astronomie ancienne*, pubblicata nel 1892 fra le Memorie dell'Accademia di Bordeaux, poi separatamente a Parigi presso Gauthier-Villars. In questo libro, dove, accanto alla discussione di molte questioni note, veggonsi additati ad ogni passo nuovi problemi non prima avvertiti, e tuttavia degnissimi di attenta considerazione, il Tannery ha toccato il presente argomento, specialmente nel cap. XIV. Al pari di me egli ha riconosciuto l'importanza dell'ipotesi degli eccentri mobili, ed al pari di me dalla forza delle cose è stato condotto a concludere, che il sistema detto di Ticone ha dovuto esser noto agli astronomi greci di una certa epoca, e rappresentare una parte importante nell'evoluzione delle loro teorie astronomiche. Egli crede che Apollonio abbia derivato il sistema ticonico da Aristarco per la stessa via, per cui Ticone lo derivò da Copernico; riproducendo così il medesimo procedimento regressivo a 1800 anni di distanza. Un tale curioso ricorso storico nulla avrebbe in sè d'improbabile, ove come terzo elemento della questione non venisse a frapporsi il curioso personaggio di Eraclide Pontico, di cui il nome si trova ripetutamente citato nei principali documenti riferentisi alla presente discussione, e del quale l'importanza in questa linea di speculazione cosmologica non sembra sia stata sufficientemente apprezzata dal Tannery. — Dalle presenti indagini risulterebbe invece, che il sistema ticonico fosse noto ai Greci già vivendo Eraclide Pontico, cioè al tempo d'Alessandro Magno; che fosse un grado della scala, per cui essi si elevarono al concetto di Copernico; che infine dal medesimo avessero origine, per via di astrazione e di generalizzazione, le teorie degli epicicli e degli eccentri mobili, quali li presentò un secolo più tardi Apollonio di Perga.

La varia natura degli elementi astronomici, geometrici, storici, di cui si dovrà intessere la nostra dimostrazione, e più di tutto le gravi lacune della tradizione, e le preparazioni necessarie per interpretare a dovere il significato dei pochi documenti rimasti, mi hanno obbligato a discutere parecchie questioni secondarie, ed a deviare spesso dall'or-

(1) Stampata nelle *Memorie del Reale Istituto Lombardo*, Vol. XII, e fra le *Pubblicazioni del R. Osservatorio di Brera in Milano*, n. III, 1873. Una traduzione in tedesco uscì per opera di Massimiliano

CURTZE col titolo: *Die Vorläufer des Copernicus im Alterthum* nel periodico *Altpreussische Monatsschrift*, Vol. XIII; ed anche separatamente in un volume in 8°, Leipzig 1876.

dine naturale per arrivare a stabilire un filo logico abbastanza saldo nelle deduzioni, ed a produrre in chi legge la convinzione desiderata. Ciò non ha potuto farsi senza qualche poco d'apparente disordine nell'esposizione; del quale già devo chiedere scusa fin d'ora. Ho procurato di rimediarvi coll'aggiungere in fine un riassunto dei fatti più salienti, secondo l'ordine del tempo in cui sono avvenuti.

I.

ERACLIDE PONTICO, ED IL CORSO DEI PIANETI INFERIORI.

1. — Dello svolgimento d'idee che prendiamo a studiare, si può assegnare prossimamente il principio sotto il regno di Filippo Macedone, quando, morto Platone (347 A. C.), la direzione e l'insegnamento nella scuola filosofica da lui fondata passò prima a Speusippo, indi a Senocrate. Circa la struttura dell' Universo continuavano naturalmente a prevalere in questa scuola le idee svolte così splendidamente, ma anche così nebulosamente, nel *Timeo*; dove la Terra, sferica ed immobile nel centro dell'Universo, si supposeva circondata dalle orbite dei sette pianeti, regolati nel loro corso e nelle loro diverse velocità dai motori celesti, formanti parte dell'anima del mondo. Sulla natura e forma dei loro movimenti, e sul modo di rappresentarli geometricamente, pare si avessero idee vaghe e poco determinate.

Aristotele era allora nel maggior fervore della sua attività speculativa. Tornato in Atene nel 335, non più come uditor di Platone, ma come capo di scuola nuova, aveva dato allo studio positivo della natura un'importanza assai maggiore, che Platone non avesse fatto. Non meno persuaso che Platone della posizione centrale e della immobilità della terra, circa il sistema ed il moto dei corpi celesti preferiva, alle immagini alquanto fantastiche dei Platonici, la forma chiara e precisa del Cosmo, che presentava alla sua mente l'ipotesi delle sfere omocentriche di Eudosso e dei matematici della scuola cizicena, corrette e completate da Callippo. Quelle ipotesi erano pure e semplici rappresentazioni geometriche dei fenomeni; consultatosi con Callippo e con Polemarco discepolo di Eudosso, Aristotele le modificò in modo da rappresentare con esse uno stato di cose realmente possibile in natura; traendone così un sistema fisico, appoggiato ad un tempo sulla speculazione filosofica e sulla osservazione diligente dei fenomeni (2). E tale fu per allora la base del concetto del mondo presso i Peripatetici.

In quel medesimo tempo non era ancora intieramente cancellato l'influsso, che sulle idee aveva esercitato l'oramai estinta scuola pitagorica. Meno d'un secolo prima, Filolao aveva insegnato in Tebe; la sua dottrina della Terra e dell'Antiterra, moventisi di circolazione quotidiana intorno al Fuoco centrale dell' Universo, continuava ad avere i suoi partigiani; anzi abbiamo qualche motivo di supporre, che Platone nei suoi ultimi anni

(2) Per maggiori notizie sul sistema d'Eudosso veggasi la mia Memoria. " *Le sfere omocentriche di Eudosso, di Callippo e di Aristotele*, stampata nel 1874 fra le *Memorie del R. Istituto Lombardo*, Vol. XIII,

e formante il n. IX delle *Pubblicazioni del R. Osservatorio di Brera in Milano*. — In tedesco per opera di W. HORN nelle *Abhandlungen zur Geschichte der Mathematik* pubblicate da Teubner; Lipsia 1877.



non fosse alieno dall'associarsi al concetto filolaico, od a qualche altro simile (3). Dopo Filolao, spinti dalla necessità di non discostarsi troppo dalla realtà delle cose, altri Pitagorici erano stati indotti a riunire la Terra e l'Antiterra in un globo solo, includente il Fuoco centrale nel suo seno; sostituendo così alla rivoluzione quotidiana di quelle, la rotazione diurna di questo intorno al centro del mondo. Un tal modo di vedere ebbe pure nell'epoca qui considerata i suoi seguaci, che Aristotele non credette inopportuno di confutare (4). Esso costituiva evidentemente un'importante preparazione all'ulteriore corso di speculazione cosmologica, che ci proponiamo di descrivere. Ma l'influsso dei concetti pitagorici su questo svolgimento fu anche maggiore per ciò, che rese familiare alle menti riflessive l'idea, al volgo quasi inaccessibile, della mobilità della Terra; idea che sarà un eterno titolo di gloria per quelli, che primi osarono di concepirla.

2. — Non mancarono neppure certamente in quel tempo altri, i quali condotti da propria riflessione, oppure guidati da osservazione più accurata dai fenomeni celesti, si scostarono più o meno dalle idee prevalenti nelle maggiori scuole, combinandole, modificandole, od ancora creandone di nuove. Di questi il più celebre fu Eraclide Pontico; il quale sebbene abbia frequentato assai tempo Platone, e fosse uno dei filosofi di maggior nome usciti da quella scuola, in molte parti si scostò dai dogmi del Maestro. Eraclide Pontico deve considerarsi come uno dei pensatori più profondi e più indipendenti di quel tempo; e quanto sappiamo delle sue speculazioni sui movimenti celesti basta a dar di ciò una prova evidente.

Grazie alle indagini di vari eruditi, e principalmente di H. Martin, il sistema astronomico di Eraclide Pontico è conosciuto nei suoi tratti più caratteristici (5). Egli aveva francamente adottato l'ipotesi d'Iceta e d'Ecfanto sulla rotazione diurna della Terra; e si rendeva perfetto conto delle modificazioni, che in corrispondenza a questa nuova ipotesi si dovevano introdurre nel movimento degli altri corpi celesti. Ei supponeva grandi le distanze degli astri, ed infinita addirittura l'estensione del mondo; probabilmente per non aver a preoccuparsi della parallasse diurna, cioè dall'anomalia apparente che negli astri è prodotta dalla rotazione quotidiana dell'osservatore intorno all'asse della Terra. Ed ei sapeva ancora, che in questa ipotesi la durata della rotazione terrestre, per soddisfare ai fenomeni, non deve essere di un giorno solare esattamente, ma alquanto più breve.

3. — Ma ad Eraclide Pontico si deve ancora un'altra innovazione, forse non meno importante nelle sue conseguenze. I sistemi con cui i filosofi sino allora si erano industriati di dare una spiegazione approssimata dei movimenti celesti, erano fondati tutti sulla ipotesi di rivoluzioni circolari e concentriche intorno al centro del mondo; sia poi che questo centro fosse occupato dalla Terra, come volle Platone ed altri prima di lui, sia che in quel punto si mettesse il Focolare dell'Universo, come volle Filolao e con lui altri Pitagorici. Questo principio, di non ammettere altre circolazioni che intorno al centro del mondo, fu pure strettamente osservato da Eudosso nelle sue sfere omocentriche; le quali

(3) Questa notizia a torto è stata revocata in dubbio da diversi eruditi, fra altri da Augusto ВОРСКН (*Ueber das kosmische System des Platon* p. 144 e seg. Berlino 1852). Essa si appoggia all'autorità incontrastabile di Teofrasto, il quale potè averla da Aristotele, o fors'anche da Platone medesimo. Vedi i miei *Precursori di Copernico*, Documenti XXI e XXII.

(4) *De Cælo* II, 13.

(5) H. MARTIN, *Mémoires sur les hypothèses astronomiques chez les Grecs et les Romains* Chap. V, §§ 3 et 4. Nelle *Mémoires de l'Académie des inscriptions et belles-Lettres*, Vol. XXX 2^e partie, 1881. Vedi inoltre: F. HULTSCH, *Das astronomische System des Herakleides von Pontos* nei *Neue Jahrbücher für Philologie* herausgegeben von A. FLECKEISEN und R. RICHTER 1896. Parte I, 1896, pag. 305-316.

appunto a tal principio devono quella bella ed assoluta simmetria, che le distingue. Ma appunto verso l'epoca di cui stiamo discorrendo si cominciò a riconoscere, che nessuna delle costruzioni fino allora inventate poteva dare conto sufficiente di tutti i fatti osservati; che quindi, esaurite tutte le supposizioni che il principio suddetto poteva fornire, era necessario introdurre qualche principio nuovo.

Un tal principio fu suggerito dallo studio dei movimenti di Mercurio e di Venere, e dalle variazioni notate nel loro splendore apparente. Le loro digressioni alternate e regolari a destra ed a sinistra del Sole, e le vicende della loro luce, notabili specialmente in Venere (6), con evidenza quasi intuitiva spingevano a supporre, che il centro della loro circolazione non fosse la Terra, ma bensì un altro punto collocato nella direzione del Sole; e qual altro punto poteva essere questo, se non il Sole medesimo? L'idea di assumere come centro di questa e d'altre circolazioni celesti un semplice punto ideale, dovette allora, ed ancora per alcun tempo dopo, essere considerata come assurda; e non fu introdotta nell'astronomia che molto più tardi.

4. — Eraclide Pontico fu il primo, siccome è storicamente attestato, a riconoscere, che per i due pianeti inferiori il migliore e più semplice modo di rappresentare le fasi osservate era quello di farli circolare intorno al Sole come centro, con periodo uguale a quello della loro rivoluzione sinodica (7) e nel senso diretto, cioè secondo l'ordine dei segni. Così s'introduceva per la prima volta il concetto di far circolare un corpo celeste intorno ad un altro corpo celeste, girante esso medesimo intorno al centro dell'Universo.

Quali idee avesse Eraclide Pontico intorno al movimento dei pianeti superiori, non risulta dalle poche e scarse testimonianze, che abbiamo intorno al suo sistema d'astronomia. Dal silenzio che esse serbano intorno ai pianeti superiori si potrebbe argomentare che per questi egli non si scostasse dall'opinione degli altri Platonici, e ponesse nella Terra il centro delle loro orbite (8). Ma questa sarebbe una conclusione affrettata, e per ora dobbiamo lasciare la cosa in sospeso, aspettando luce da altre considerazioni.

Comunque sia, il sistema di Eraclide Pontico conteneva in sé diverse idee fondamentali, che hanno dovuto facilitare di molto il passaggio al sistema eliocentrico. Coi Pitagorici esso avea comune l'idea, tanto difficile ad afferrare, di un moto dell'osservatore intorno al centro del mondo. Con Iceta ed Ecfanto avea comune l'ipotesi della rotazione diurna; per la quale d'un tratto si trovarono liberati da una enorme e comune complicazione tutti i movimenti celesti, ridotti ormai alle loro proprie e vere rivoluzioni rispetto alla Terra. Proprio invece ad Eraclide Pontico era il moto eliocentrico di Mercurio e di Venere, per cui si veniva ad attribuire al Sole nell'economia generale del Cosmo un carattere importante fino allora non avvertito; quello di potere, come la Terra, servire di centro alle circolazioni dei pianeti. E da ultimo per la prima volta si ammetteva come possibile, che non solo il centro del mondo, ma anche un astro mobile e posto fuori di esso centro, potesse servire alla sua volta come centro ai giri di altri corpi celesti.

(6) Che le osservazioni dello splendore di Venere abbiano fornito uno degli argomenti per dimostrare che essa non descrive un circolo intorno alla Terra e non rimane a distanza invariabile da questa è attestato formalmente da Sosigene presso SIMPLICIO Comm. *De Caelo*, p. 504 della nuova edizione di HEIBERG, Berlino 1894.

(7) Intendesi qui, secondo l'uso costante degli antichi, che il periodo della circolazione descritta si conti dall'apogeo mobile, non da una direzione fissa rispetto allo Zodiaco.

(8) Vedi su questo punto la discussione contenuta nei §§ 48-50 della presente Memoria.



II.

IL CORSO DEI PIANETI SUPERIORI.

5. — Mentre Eraclide Pontico meditava nuove idee circa il sistema del mondo, fra i matematici ed i filosofi ardeva una disputa intorno a certe difficoltà inerenti all'ipotesi delle sfere omocentriche di Eudosso, adottato da Aristotele e dalla sua scuola, come sopra fu detto. Di tali difficoltà la più formidabile era questa: che nell'ipotesi delle sfere omocentriche, ogni astro essendo condotto sopra una superficie sferica concentrica alla Terra, la sua distanza da questa ed il suo splendore (secondo le idee di quel tempo) avrebbero dovuto rimanere assolutamente invariabili; mentre invece dalle osservazioni lo splendore dei pianeti risultava molto diverso in diversi tempi, specialmente per Marte e per Venere (9). Già allo stesso Polemarco, che aveva imparato il sistema omocentrico dalla voce stessa di Eudosso, questo fatto non era interamente sconosciuto; e neppure era sconosciuto ad Aristotele, il quale ne discorreva nei suoi *Problemi fisici*, oggi perduti. Se ed in qual modo eludessero la difficoltà, non è più possibile congetturare. Ancora molto tempo dopo si continuò a disputare su questo argomento; si cita in proposito il matematico Aristotero (maestro di Arato poeta), contro il quale scrisse di ciò una dissertazione un altro matematico più noto, Autolico di Pitane; e sembra che il tentativo di quest'ultimo per sciogliere la difficoltà non fosse molto felice. L'impossibilità di spiegare colle ipotesi d'Eudosso la variazione dello splendore apparente di alcuni pianeti fu la causa principale, per cui in progresso di tempo quelle ipotesi furono abbandonate dagli stessi Peripatetici, i quali da principio le avevano con tanto favore adottate. Dalla difficoltà concernente il moto e lo splendore di Venere, ebbe origine, come già si è accennato, l'ipotesi di Eraclide Pontico sul moto eliocentrico dei pianeti inferiori; dalle difficoltà concernenti il moto e lo splendore di Marte ebbero origine analoghe indagini per i pianeti superiori. Le grandi variazioni dello splendore apparente di quel pianeta, bene già note agli osservatori di quel tempo, erano da loro interpretate come indizio sicuro di corrispondenti variazioni nella distanza del pianeta dalla Terra; ed in questo senso erano considerate come un argomento capitale contro l'ipotesi omocentrica, secondo che narrava Eudemo (10).

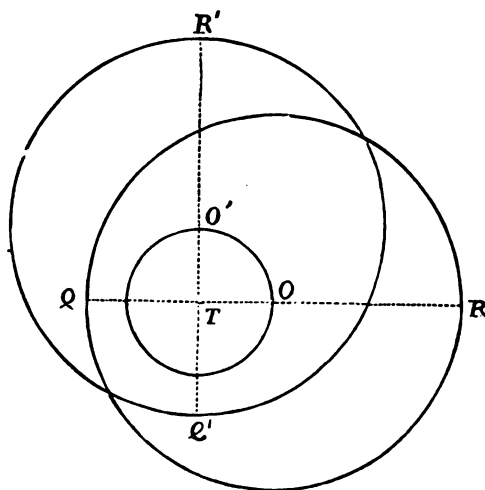
6. — A chi segue con qualche continuità le apparenze di Marte per un certo numero d'anni, tosto risulta evidente che le epoche del massimo splendore coincidono con quelle delle opposizioni, corrispondono cioè sempre a quei tempi, in cui esso pianeta occupa nello Zodiaco il luogo opposto a quello del sole. E facile è concludere, che il punto dell'orbita più vicino alla Terra è ogni volta quello, che si trova in direzione opposta al Sole.

(9) Vedi su questo l'esposizione di Sosigene peripatetico presso SIMPLICIO nel Commentario *De Caelo*, nell'edizione di HEIBERG, pp. 504-505. I fatti riferiti da Sosigene si fondano sopra l'autorità di Eudemo, che scrisse una *Storia dell'astronomia* e fu un poco più giovane di Aristotele.

(10) Quando Marte arriva al massimo splendore, brilla più che tutte le stelle di prima grandezza.

Quando s'immerge nel crepuscolo vespertino, od emerge dal crepuscolo mattutino, appare come una stella di 3^a a 4^a grandezza. Il rapporto della massima alla minima luce nelle opposizioni e nelle congiunzioni medie è di 24:1. Ma nelle così dette *grandi opposizioni* Marte tanto si accosta alla Terra, da superare anche lo splendore di Giove; allora è, dopo Venere, la più fulgida stella del cielo.

Per chi voleva adunque rappresentare (secondo il concetto fin allora invariabilmente mantenuto dagli astronomi e dai fisici) il moto di Marte con un giro circolare ed uniforme, la prima conseguenza era questa: che il centro di tale moto circolare doveva essere collocato fuori della Terra. Così per la prima volta nelle speculazioni cosmografiche fu introdotto il concetto dell'eccentrico. Sia T la Terra fissa nel centro del mondo, e sia il circolo QR un tale eccentrico, di cui il centro sia in O . Conducendo per T ed O il diametro QR , manifestamente il punto Q sarà quello che corrisponde alla minima distanza dalla Terra, od al *perigeo*. Dunque nelle opposizioni Marte si troverà in Q ; il Sole sarà nella direzione opposta, cioè in qualche parte della linea TR . Ora, se le opposizioni avessero sempre luogo nella stessa parte dello Zodiaco, cioè nella stessa direzione costante TQ , questa ipotesi basterebbe a spiegare le variazioni dello splendore. Ma le opposizioni di Marte possono accadere in tutti i luoghi dello Zodiaco. Se ne deve concludere, che la direzione della minima distanza TQ non è costante, cioè che il diametro RQ dell'eccentrico si muove intorno al punto fisso T , in modo però che il punto *perigeo* Q rimanga sempre opposto al Sole. Noi dovremo ammettere pertanto, che il punto Q dell'opposizione circoli intorno a T nello spazio di un anno lungo l'eclittica secondo l'ordine diretto dei segni. Insieme dovrà girare intorno a T il centro O dell'eccentrico anche in un anno, per modo che da noi sia veduto perennemente nella direzione del Sole: e col centro O dovremo supporre che giri intorno a T tutto l'eccentrico, quasi fosse un disco materiale fissato intorno a T come cardine. Quando dopo tre mesi il centro O sarà passato in O' ed avrà descritto un quarto di circonferenza, Q sarà passato in Q' ; R in R' ; e tutto l'eccentrico avrà preso la posizione rappresentata dal circolo $Q'R'$.



Ora, se poniamo che Marte percorra l'eccentrico con moto uniforme *secondo l'ordine inverso dei segni* (11) impiegando nei suoi ritorni (da un apogeo all'apogeo consecutivo, e da un perigeo al perigeo consecutivo) un tempo uguale al periodo della sua rivoluzione sinodica; è manifesto, che il pianeta farà le sue opposizioni nei tempi e nei luoghi voluti, e che in tali opposizioni avrà anche luogo il suo massimo splendore. Inoltre (e questo è il punto più importante) se il rapporto della distanza TO (o dell'eccentricità) al raggio OR dell'eccentrico sarà stato scelto a dovere, si spiegheranno, in un colle variazioni di splendore, anche i movimenti irregolari del pianeta, le sue stazioni, e le sue retrogradazioni; il che manifestamente sarebbe stato impossibile mantenendo l'eccentro in posizione fissa.

Una questione importante allora si presentò. La rappresentazione dei movimenti e degli splendori di Marte dipendeva unicamente dal rapporto del raggio dell'eccentrico alla sua eccentricità. Dalle osservazioni pertanto si poteva dedurre il rapporto di queste linee, ma non la loro lunghezza assoluta. Si sapeva che il centro O dell'eccentrico doveva già-

(11) Anche qui deve intendersi che, secondo l'uso costante degli antichi, il moto di circolazione di Marte sull'eccentrico sia riferito non ad un'origine fissa nello zodiaco, quale sarebbe il primo punto

d'Ariete; ma all'apogeo mobile dell'eccentrico, considerato come origine a partire da cui si conta sull'eccentrico l'argomento dell'anomalia in senso opposto all'ordine dei segni.

cere costantemente nella direzione del Sole; restava dire, a quale distanza. Ma la soluzione di tal quesito non poteva esser dubbia per un fisico. Non potendosi ammettere nel mondo circolazioni intorno a punti ideali, tutto indicava che il centro dell'eccentrico e del giro sinodico di Marte dovesse porsi nel Sole medesimo, il quale già da Eraclide era supposto centro ai giri sinodici di Mercurio e di Venere. Era insomma una semplice estensione del sistema di Eraclide Pontico; Marte diventava anch'esso satellite del Sole, la sua circolazione secondaria essendo rappresentata dal suo moto sull'eccentrico.

7. — L'autore di questa grande scoperta, qualunque ei sia stato, non dovette tardare ad applicarla anche a Giove ed a Saturno, estendendo così a tutti i pianeti la disposizione che Eraclide Pontico assegnava alle orbite dei pianeti inferiori. Tutti diventarono satelliti del Sole, descrivendo intorno al medesimo le loro orbite secondarie, nel periodo delle rispettive rivoluzioni sinodiche; il Sole, centro comune a tutti, portava in giro intorno alla Terra sè medesimo e quelle orbite, con periodo d'un anno. Al di sotto, la Luna conservava la sua orbita geocentrica indipendente da tutti gli altri corpi celesti. Come si vede, è questo il sistema, che fu poi chiamato ticonico, dal nome dell'illustre astronomo che lo inventò una seconda volta.

Del primo autore di tali importanti deduzioni non è conosciuto il nome con certezza, ma solo il tempo. Si può dire, che fu coetaneo di Eraclide; e non senza qualche apparenza di vero si potrebbe congetturare, che sia stato Eraclide stesso. Ma se anche Eraclide non inventò il sistema di Ticone, certo lo conobbe, e molto probabilmente lo adottò, aggiungendovi di suo l'ipotesi della rotazione terrestre, di che avremo la notizia da Eraclide stesso. Prima però di passare alle prove storiche di queste affermazioni, sarà necessario premettere alcune notizie dirette a portare alcuna luce in tutta questa ancora abbastanza oscura materia.

III.

EPICICLI ED ECCENTRI MOBILI.

8. — La grande semplicità ed eleganza del nuovo sistema, per cui tutti i pianeti minori venivano assoggettati alla medesima condizione di circolare intorno al Sole, cuore dell'Universo, e sede del principio animatore del mondo (12), avrebbe dovuto essere un argomento potente in suo favore. Tuttavia esso non ebbe l'adesione delle due principali scuole filosofiche cioè degli Accademici e dei Peripatetici; e più tardi non ebbe neppure l'adesione degli Stoici, a non parlare degli Epicurei. Il far portare in giro intorno alla Terra i circoli descritti dai pianeti, come se quei circoli fossero in qualche modo connessi materialmente col Sole, non poteva entrare nelle idee dei discepoli di Platone. Ai discepoli d'Aristotele invece, per cui tutto il cielo era un grande e complicato meccanismo di sfere, una connessione materiale del Sole colle orbite dei pianeti poteva sembrare accettabile in massima; non poteva invece ammettersi, che una sfera fosse intersecata da altre

(12) Sul Sole, considerato come cuore dell'Universo e come principio animatore di tutto il mondo veggansi TEONE SMIRNEO, ed. Martin, p. 297: PLU-

TARCO, *De facie in orbe Lunae*, c. 15: MACROBIO, *Comm. in Somnium Scipionis*, Lib. I, c. 20.

sfere, come qui avveniva della sfera del Sole, che intersecava quelle di Mercurio e di Venere. Quando poi, verso il 270, Beroso Caldeo venne a stabilirsi in Coo, apportando in Grecia le dottrine dell'astrologia giudiziaria, non poteva trovar favore presso gli adepti della nuova scienza un sistema, in cui si turbava l'ordine concentrico delle sette sfere, e dei sette astri dominatori degli umani eventi; ordine che fu poi adottato anche dagli Stoici, e ritenuto come il più antico ed il più vero anche da Ipparco e da Tolomeo. Anzi allora si presentò il problema di spiegare le anomalie dei moti planetari senza turbare l'ordine predetto, e senza sconvolgere i principi fondamentali dell'astrologia.

Inoltre, secondo le idee geometriche del tempo, il sistema presentava un difetto d'omogeneità. I circoli descritti da Mercurio e da Venere intorno al Sole erano tutti intieri da una parte della Terra, mentre quelli descritti da Marte, Giove e Saturno comprendevano questa nel loro interno. Il moto nell'eccentro, contato dall'apogeo secondo l'uso generale di tutti gli antichi astronomi, si faceva intorno al Sole secondo l'ordine diretto dei segni per Mercurio e per Venere, secondo l'ordine inverso dei segni per Marte, Giove e Saturno. Tutte queste difficoltà non esistono per noi, che sogliamo riferire i movimenti zodiacali non all'apogeo mobile, ma al principio d'Ariete, cioè ad un'origine fissa, rispetto a cui tutti i movimenti medii riescon diretti; e che troveremmo naturale di considerare i circoli di Mercurio e di Venere come una specie particolare di eccentri mobili per cui il raggio è minore dell'eccentricità, mentre è maggiore di questa per gli eccentri dei pianeti superiori.

9. — Ma d'altra parte non poteva sfuggire ai matematici la facilità e la relativa precisione con cui quelle ipotesi rappresentavano geometricamente l'anomalia principale dei moti planetari e davano conto delle stazioni e delle retrogradazioni. Trattavasi di conservare questi loro effetti, usando di costruzioni geometriche analoghe sì, ma di carattere meno rigido e più facilmente adattabile ai placiti delle scuole dominanti ed alle esigenze dell'astrologia. Ora due erano le combinazioni geometriche, a cui il sistema doveva il suo carattere proprio e la sua concordanza coi fenomeni: *l'epiciclo*, e *l'eccentro mobile*.

EPICICLI. — La prima era costituita dalla speciale forma di circolazione di Mercurio e di Venere intorno al Sole; la quale fu evidentemente il primo germe, da cui derivò la teoria dell'epiciclo mosso sopra un deferente concentrico. Qui il deferente era l'orbita del Sole intorno la Terra; l'epiciclo era l'orbita secondaria del pianeta intorno al Sole. Era manifesto, che il carattere geometrico dei moti di Mercurio e di Venere non sarebbe cambiato, quando il centro della loro circolazione secondaria fosse rappresentato, non fisicamente dal Sole, ma soltanto geometricamente da un punto ideale. Anche sopprimendo il Sole, le stazioni e le retrogradazioni di quei due pianeti si sarebbero spiegate egualmente. Quindi nacque il problema di esaminare, se anche le ambagi dei tre pianeti superiori non avrebbero potuto essere spiegate con una circolazione secondaria lungo un epiciclo intorno ad un centro ideale dotato, come il Sole, di circolazione primaria intorno alla Terra. Il successo di questo tentativo fu l'origine della teoria generalizzata degli epicicli, nella quale i raggi e le velocità si ponevano affatto liberi da ogni condizione, e di cui Eraclide Pontico aveva veduto in cielo un primo esempio particolare. Sotto la nuova forma generale ed astratta, l'epiciclo ed il deferente insieme associati costituivano un meccanismo utilmente applicabile dappertutto, dove si trattasse di dare una rappresentazione puramente geometrica di anomalie aventi carattere periodico.

10. — Quest'ipotesi degli epicicli introducevano però una difficoltà, la quale da principio dovette sembrare poco meno che insuperabile alla mente degli antichi filosofi, cioè

la circolazione di un astro intorno ad un semplice punto ideale, privo in natura di ogni visibile contrassegno. Infatti non si hanno notizie precise intorno al suo uso per più d'un secolo, sebbene offrisse un modo eccellente di spiegare i fenomeni senza punto scuotere la Terra dalla sua posizione immobile al centro del mondo. Ma essa incontrò invece il favore dei matematici, i quali, seguendo l'avviso di Aristotele, nel costruire ipotesi astronomiche non cercavano di determinar le cose come stanno veramente in natura, ma soltanto aspiravano a trovare pei movimenti celesti una rappresentazione geometrica non ripugnante ai fenomeni, ed opportuna al loro calcolo ed alla loro predizione (13). A tali uomini era perfettamente indifferente, che il centro di una circolazione da loro supposta in cielo fosse vuoto, od occupato da un astro qualsiasi. Apollonio di Perga sembra sia stato il primo ad illustrare la teoria degli epicicli, mostrando in qual modo elegante si poteva in essa determinare col calcolo le epoche ed i luoghi delle stazioni, le ampiezze e le durate delle retrogradazioni. Più tardi la facilità e la chiarezza di questo modo d'interpretare il corso apparente dei pianeti conciliarono ad essi il favore anche dei filosofi, specialmente dei Peripatetici, dopo che essi ebbero abbandonate, come insufficienti, le sfere omocentriche. Anzi in progresso di tempo i Peripatetici trovarono il modo di evitare la difficoltà e la sconvenienza di assumere un semplice punto matematico qual centro di circolazione. Nell'ipotesi epiciclica ogni pianeta potendo considerarsi a parte, ed essendo la sua teoria affatto indipendente da quelle degli altri, l'ordine e la grandezza delle loro sfere rimangono interamente arbitrari. Quindi nacque la possibilità di darle una nuova forma, quella cioè delle sfere solide, in cui l'epiciclo è surrogato da una sferetta incastrata nella grossezza di una sfera cava più grande e concentrica al centro del mondo, rappresentativa del deferente (14). Con questo era risolta la principale obbiezione che l'antica fisica poteva opporre alle teorie epicicliche; la parte fisica del sistema dipendeva dai medesimi principi, che avevano consigliato ad Aristotele l'adozione delle sfere d'Eudosso; nè il meccanismo della rotazione di tante sfere presentava più difficoltà in un caso che nell'altro. Verso il principio dell'era volgare il sistema delle sfere solide si trova accettato tanto dai Platonici che dai Peripatetici; è quello esposto da Adrasto Afrodisiense e da Teone Smirneo, e dopo di loro da molti altri scrittori dell'antichità e del medio evo aristotelico. Tolomeo poi ebbe da ultimo il vanto di dare all'ipotesi epiciclica press'a poco tutta la perfezione di cui è capace, combinando l'epiciclo col deferente eccentrico fisso, e separando il centro delle distanze uguali dal centro dei moti angolari uguali. Veramente in tal guisa il principio del moto uniforme nella circolazione degli astri intorno a determinati centri riceveva una grave offesa; ma oramai dopo i lavori d'Ipparco era diventato manifesto, che un tal principio nella semplice ed assoluta sua forma originaria non poteva più bastare ai fenomeni, quali risultavano dalle osservazioni più perfette di quel grande astronomo e dei suoi successori. E tale fu la serie di modificazioni, per cui passò l'ipotesi degli epicicli, in quasi cinque secoli che corsero da Eraclide Pontico fino a Tolomeo.

(13) Circa il diverso modo, con cui dai geometri e dai fisici si consideravano, dopo Aristotele, le ipotesi astronomiche, vedi la *Fisica* d'Aristotele, II, 2; e il relativo commento di Simplicio, p. 290-293 ed. Diels. In questo è intercalato un notevolissimo passo di Gemino, che verte sul medesimo argomento; ad esso dovremo più volte riferirci nel corso della pre-

sente Memoria, e perciò lo riportiamo testualmente nella Appendice.

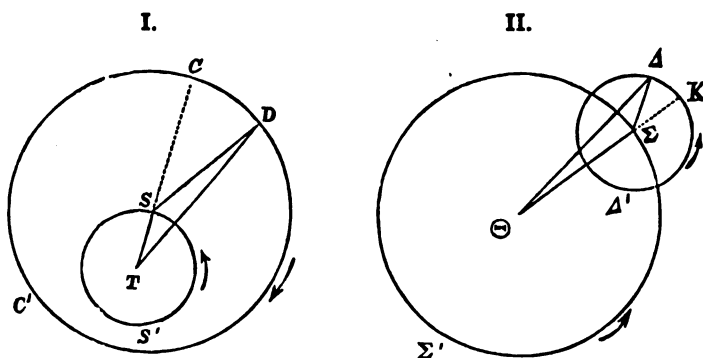
(14) Un cenno del sistema delle sfere cave e solide si troverà nella Memoria *Sfere omocentriche d'Eudosso*, ecc. sul fine del cap. VIII, p. 52 dell'edizione italiana, e 179 dell'edizione tedesca.

11. — **ECCENTRI MOBILI.** — L'altra combinazione di movimenti risultante dal sistema ticonico, quella degli eccentri mobili, non acquistò nell'antica astronomia quell'importanza che ebbero gli epicicli; tanto, che gli storici di questa scienza parvero dimenticarla affatto. La loro forma originaria, che qui sopra abbiamo descritta (§ 6), supponeva che il centro dell'eccentrico dovesse coincidere costantemente col Sole, od almeno essere veduto dalla Terra sempre nella direzione del Sole. Da tale condizione non li prosciolsse neppure Apollonio di Perga, il quale è il più antico autore che facesse menzione esplicita degli eccentri mobili, e studiò il modo, con cui dai medesimi si può dedurre la spiegazione ed il calcolo delle stazioni e delle retrogradazioni. Per Apollonio il centro dell'eccentrico mobile gira di moto uniforme intorno alla Terra nello spazio di un anno; in conseguenza il suo uso è limitato alla teoria dei pianeti superiori. Questi sono contrassegni evidenti che non lasciano alcun dubbio circa l'origine dell'eccentro mobile, e danno una prova incontrastabile, che tali eccentri sono nati dal sistema ticonico, *fuori del quale tali limitazioni non avrebbero avuto alcun motivo di essere.* Sotto questa forma gli eccentri mobili non sarebbero mai stati inventati dai Greci, se questi in una certa epoca anteriore ad Apollonio non avessero conosciuto il sistema suddetto. Ciò si vedrà anche meglio nel capitolo seguente quando si discuteranno le notizie lasciate da Apollonio su tale argomento.

D'un altro fatto Apollonio ci dà sicura testimonianza; ed è, che i Greci già al tempo suo avevano scoperto la relazione intima che esiste fra la teoria degli eccentri mobili e quella degli epicicli. Questa si enunzia dicendo, che se il movimento di un corpo celeste può essere rappresentato per mezzo dell'eccentro mobile, esso può altrettanto bene e con uguali risultati essere rappresentato per mezzo dell'ipotesi epiciclica. Cosicchè l'una e l'altra ipotesi, tanto diverse nella prima apparenza, geometricamente considerate si equivalgono nei loro effetti, e possono essere surrogate l'una all'altra indifferentemente.

12. — Nell'ipotesi dell'eccentro mobile (vedi la prima delle due figure vicine) sia T il luogo della Terra, ed intorno ad essa si aggiri concentricamente nel circolo SS' il centro S dell'eccentrico mobile, in guisa che la retta condotta da T ad S giaccia sempre nella direzione del Sole, movendosi di moto diretto secondo l'ordine naturale dei segni. Dal centro S descriviamo l'eccentrico, e supponiamo sia rappresentato dal circolo CC' . Conducendo la retta TS e prolungandola in C , sarà in quel momento C il luogo dell'apogeo dell'eccentrico. Se poi mettiamo che il pianeta si trovi allora sul suo eccentrico in D , percorrendolo in senso opposto all'ordine dei segni, l'angolo CSD , o l'arco CD contato dall'apogeo secondo l'ordine *inverso* dei segni sarà l'*argomento dell'anomalia*, che più brevemente designeremo col nome di *anomalia*: e il pianeta dalla Terra T sarà veduto dalla direzione TD .

Nell'ipotesi dell'epiciclo (vedi la seconda figura) sia Θ il luogo della Terra. Intorno ad essa si descriva il circolo deferente $\Sigma\Sigma'$ uguale all'eccentro mobile della prima ipotesi, ed in esso da Θ si conduca la linea $\Theta\Sigma$ uguale e parallela ad SD della figura precedente. Si ponga in Σ il centro dell'epiciclo; e si descriva da questo centro l'epiciclo stesso $\Delta\Delta'$ uguale al circolo SS' dell'altra ipotesi. Sarà K in quel momento l'apogeo dell'epiciclo. Facciasi ora



l'angolo $K\Sigma A$ uguale all'anomalia (cioè all'angolo CSD della prima figura, contato però da K in senso diretto); e mettiamo che il pianeta sia in A . L'osservatore terrestre lo vedrà nella direzione ΘA .

Ciò posto; per ipotesi nei due triangoli TSD , $\Theta\Sigma A$ abbiamo $\Theta\Sigma$ uguale e parallela a SD , e l'angolo $\Theta\Sigma A$ uguale a TSD (ambidue supplementi dell'anomalia); è manifesto che avremo anche ΣA parallela a TS . Ma inoltre abbiám posto $\Sigma A = ST$. Dunque i due triangoli avendo lati uguali comprendenti un angolo uguale, saranno uguali; quindi le distanze del pianeta dalla Terra TD , ΘA saranno uguali nelle due ipotesi. E poichè i lati $\Theta\Sigma$, SD sono, oltre che uguali, anche fra loro paralleli, e così pure ST , ΣA ; anche i terzi lati TD , ΘA saranno paralleli fra di loro; cioè in ambe le ipotesi il pianeta sarà veduto nella medesima direzione.

Le condizioni perchè questo si verifichi ad ogni istante sono due: una, che i raggi SD , $\Theta\Sigma$ nel deferente e nell'eccentrico rimangano sempre paralleli; l'altra, che l'anomalia CSD nell'eccentrico sia uguale all'anomalia $K\Sigma A$ dell'epiciclo; contata contro l'ordine dei segni nel primo caso, secondo l'ordine dei segni nell'altro. Ora a questo si provvederà facilmente: 1) quando in ambi i casi il pianeta si trovi simultaneamente all'apogeo una volta; 2) quando la rivoluzione anomalistica sia la stessa e siano uguali al periodo zodiacale le rivoluzioni nel deferente e nell'eccentrico rispetto al primo punto d'Ariete. Con ciò è assicurata l'identità perenne delle direzioni del pianeta e delle sue distanze dalla Terra; i risultati saranno sempre gli stessi in entrambe le ipotesi.

Egli è poi manifesto, che la dimostrazione regge ancora quando, invece di far uguali i raggi dei due circoli nell'una e nell'altra ipotesi, si suppongano soltanto proporzionali, mutando le dimensioni dell'una o dell'altra figura nel rapporto che si vuole. Inoltre si ha, che nella seconda ipotesi la direzione del raggio dell'epiciclo è ad ogni istante parallela a quella che va dalla Terra al Sole nella prima ipotesi.

13. — Noi comprendiamo adesso l'indifferenza, con cui i matematici greci consideravano l'ipotesi degli eccentri mobili, dando la preferenza agli epicicli. Le due ipotesi in fondo non erano che forme diverse di una medesima costruzione, ed il calcolo delle posizioni planetarie era sostanzialmente identico in ambedue. Ma la forma epiciclica aveva il vantaggio di potere essere applicata anche ai pianeti inferiori, per i quali l'eccentro mobile, quale allora si concepiva, non poteva servire. Inoltre gli epicicli permettevano di rendere conto in modo quasi intuitivo dei fenomeni di stazione e di retrogradazione; mentre a comprender bene questi effetti nell'ipotesi degli eccentri mobili eran necessarie dimostrazioni geometriche non ugualmente facili per tutti. Con queste si dimostrava che la cosa doveva essere così; ma non si presentava in modo chiaro all'occhio ed all'immaginazione il meccanismo, per cui si generavano le apparenti complicazioni e le circostanze tutte di quei movimenti.

Abbiamo finora seguito la filiazione logica delle idee; abbiám cioè tentato di mostrare per quale sequela di facili ragionamenti poterono i Greci esser condotti alle conclusioni esposte. Rimane ora la parte storica del problema; disseppellire cioè dalle rovine dei secoli alcuni pochi e non abbastanza studiati avanzi di tradizione, soli capaci di dare la prova, che quanto fin qui fu presentato come plausibile congettura, è realmente avvenuto.

IV.

ANTICHE NOTIZIE SUGLI ECCENTRI MOBILI.

14. — *Apollonio di Perga*. — La più importante notizia, che io abbia potuto trovare circa l'ipotesi degli eccentri mobili, è quella riferita da Tolomeo nell'*Almagesto*, al principio del libro XII. Volendo egli spiegare la teoria delle stazioni e delle retrogradazioni planetarie, e calcolarne gli elementi per i cinque pianeti, si apre la strada col riferire due teoremi eleganti che *diversi geometri e fra questi Apollonio di Perga*, avevano proposti come fondamento di tale teoria. L'importanza di questo passo è tale, da giustificarne qui la riproduzione per intero. Tolomeo dunque dice, alludendo alle stazioni ed alle retrogradazioni:

“ Ma per trattar questo argomento, diversi matematici, e fra questi Apollonio di Perga, incominciano col dimostrare, che per l'una delle due anomalie, quella cioè che ha luogo rispetto al Sole; *se la si rappresenta per mezzo dell'ipotesi epiciclica, facendo cioè muovere l'epiciclo in longitudine secondo l'ordine diretto dei segni in un circolo concentrico allo Zodiaco, mentre l'astro egli stesso si muove sull'epiciclo intorno al centro di questo con velocità uguale a quella dell'anomalia, e con moto diretto nella parte di esso epiciclo più lontana dalla Terra*; tirando dall'occhio nostro una retta qualunque che divida l'epiciclo in modo, che di essa retta la metà della parte compresa entro l'epiciclo stia alla parte compresa fra l'occhio e l'epiciclo, nell'arco più vicino alla Terra, come la velocità dell'epiciclo sta alla velocità dell'astro; il punto determinato sull'arco dell'epiciclo più vicino a noi dalla retta così tracciata separa i movimenti diretti dai movimenti retrogradi; così che l'astro, arrivato a quel punto, sembrerà stazionario. — *Che se invece l'anomalia rispetto al Sole si suppone prodotta per mezzo dell'ipotesi dell'eccentrico (la quale è applicabile soltanto ai tre pianeti capaci di scostarsi a qualunque distanza angolare dal Sole), il centro dell'eccentrico aggirandosi con velocità apparente uguale a quella del Sole intorno al centro dello Zodiaco secondo l'ordine diretto dei segni mentre l'astro gira sull'eccentrico secondo l'ordine inverso dei segni con periodo uguale a quello dell'anomalia; tirando pel centro dello Zodiaco (dov'è l'occhio) una corda dell'eccentrico così fatta, che la sua metà abbia, al segmento minore dei due in cui dall'occhio è divisa, lo stesso rapporto che ha la velocità dell'eccentrico alla velocità dell'astro; l'astro, arrivato al punto in cui quella retta si termina alla parte dell'eccentrico più vicina alla Terra, sembrerà stazionario. Noi però esporremo sommariamente e più opportunamente le proposizioni anzidette, usando una dimostrazione mista e comune ad entrambe le ipotesi, per far vedere la loro somiglianza, e la concordanza delle ragioni nell'uno e nell'altro caso. „*

Io qui non intendo occuparmi dei due teoremi d'Apollonio, ma chiamerò piuttosto l'attenzione sulle parti distinte in carattere corsivo, dalle quali si ricavano varie informazioni di grande interesse.

15. — Primieramente apprendiamo che Apollonio di Perga ed altri geometri fondavano le loro dimostrazioni dello stare e del retrogradare dei pianeti sui teoremi anzidetti; e ciò facevano in due ipotesi, cioè in quella dell'epiciclo, ed in quella dell'eccentro mobile. Da ciò alcuni hanno creduto di poter dedurre, che Apollonio sia stato l'inventore degli epicicli. Ma leggendo attentamente le parole di Tolomeo si vedrà, che questa conclusione non è in esse contenuta. Apollonio ha semplicemente illustrato con quei teoremi le due

ipotesi, di cui sopra, ciò che pure fecero altri geometri. Non è detto a quale epoca questi appartenessero; al più, dalla preminenza che qui si dà ad Apollonio si potrebbe concludere, esser egli stato il primo autore di quei teoremi. Tutte le questioni concernenti l'invenzione delle due ipotesi degli epicicli e degli eccentri mobili rimangono indecise.

16. — In secondo luogo si noterà, come con brevi e precise parole si descrivono l'una e l'altra ipotesi. Manifestamente erano le principali, di cui allora i matematici usassero occuparsi. La prima delle due è l'ipotesi epiciclica semplice, in cui il centro dell'epiciclo si muove di moto circolare uniforme sul suo deferente intorno alla Terra come centro. È lo schema adottato per Mercurio e Venere da Eraclide Pontico; schema semplice, e molto diverso da quello più artificioso, ma meno elegante, adottato da Tolomeo. Dalle parole dell'*Almagesto* combinate con quanto si espone in un altro luogo della stessa opera (libro IX c. 2), dove si afferma che *i matematici prima d'Ipparco non dimostravano geometricamente che una sola anomalia ad una sola retrogradazione*, apprendiamo che i primi germi della forma tolemaica della teoria epiciclica non possono risalire al di là d'Ipparco. Ne concludiamo, che la forma dell'ipotesi epiciclica semplice, cui Apollonio accenna, non fu abbandonata neppure dai geometri posteriori fino ad Ipparco; il quale pare sia stato il primo a distinguere l'una dall'altra le due grandi ineguaglianze dei pianeti che dipendono l'una dalla posizione di essi rispetto al Sole, l'altra dal loro luogo nello Zodiaco (anomalia solare ed anomalia zodiacale). Da Eraclide Pontico ad Apollonio vi fu circa un secolo d'intervallo, ed un altro secolo da Apollonio ad Ipparco.

17. — L'ipotesi degli eccentri mobili è in certa guisa messa qui in parallelo con quella degli epicicli, e come avente ugual titolo ad essere discussa. Non è detto esplicitamente, ma s'intende in modo non dubbio, che sono considerate come equivalenti nei loro effetti. In simil maniera si trovano esse associate in altri testi che fra poco riferiremo. La descrizione che qui Apollonio dà dell'eccentro mobile coincide perfettamente con quella esposta più sopra, § 6 e 12. Il centro dell'eccentrico compie il suo giro in un anno intorno alla Terra, accompagnando il Sole lungo lo Zodiaco; il pianeta percorre l'eccentrico *in senso contrario all'ordine dei segni*, ed in modo da passare per l'apogeo ad intervalli uguali al periodo della rivoluzione sinodica. Tali sono le velocità richieste per soddisfare ai fenomeni. Mentre dunque la teoria degli epicicli è presentata da Apollonio in tutta la sua generalità, quella degli eccentri mobili è data sotto condizioni restrittive, le quali (come già sopra notammo § 11) indicano manifestamente l'origine di essa dal sistema ticonico. Pertanto quest'ultimo ebbe origine presso i Greci entro l'intervallo di un secolo circa, compreso fra Eraclide Pontico ed Apollonio di Perga (340-220).

18. — Anche facilmente si vedrà, per qual motivo Apollonio dichiarò essere impossibile rappresentare colla teoria degli eccentri mobili il moto dei due pianeti inferiori; infatti per ciò fare, bisogna supporre che il circolo descritto dal centro dell'eccentrico sia maggiore dell'eccentrico stesso. Ora questo richiede che la Terra resti fuori dell'eccentrico; in altri termini, non siamo più nell'ipotesi dell'eccentrico, ma in quella dell'epiciclo.

19. — Importante da ultimo è osservare, che da tutte queste considerazioni è esclusa affatto l'ineguaglianza zodiacale (*ζωδιακὴ ἀνωμαλία*) dei pianeti, della quale sembra che Ipparco fosse il primo ad avere un'idea alquanto distinta. Tale ineguaglianza ora noi sappiamo derivare dall'eccentricità delle ellissi kepleriane, e nelle teorie tolemaiche è rappresentata da un eccentro fisso; il quale è cosa ben diversa, ed ha funzioni ben differenti da quelle dell'eccentro mobile finora considerato. Quando dunque negli scrittori antichi d'astronomia si parla di spiegare l'ineguaglianza solare dei pianeti (*παρὰ τὸν ἥλιον ἀνωμαλία*) per

mezzo di eccentri, teniamo per norma, non doversi pensare agli eccentri fissi dell'ipotesi tolemaiche, ma ad eccentri mobili, il cui centro gira intorno alla Terra nello spazio di un anno. Un eccentro fisso non può in alcun modo rappresentare l'anomalia solare dei pianeti, e non può dare alcun conto delle stazioni e delle retrogradazioni.

20. — *Ipparco*. — Un secondo accenno agli eccentri mobili si trova nell'*Almagesto*, lib. IX, c. 2; dove Tolomeo, esponendo alcuni cenni storici sulle teorie planetarie, e le opinioni d'Ipparco sulle medesime, dice quanto segue: ... "Noi vediamo che Ipparco non ha intrapreso di abbozzare la teoria dei cinque pianeti, e che solamente ha messo in ordine più comodo le osservazioni; e per mezzo di queste ha dimostrato che i fenomeni non corrispondevano alle ipotesi dei matematici d'allora. Non solo infatti ei pensava fosse necessario di spiegare come ciascuno dei pianeti faccia due specie di anomalia; ma ancora come le retrogradazioni di ciascuno siano variabili di grandezza; mentre gli altri matematici non dimostravano geometricamente che una sola anomalia ed una sola retrogradazione. *E credeva che questi fenomeni si dovessero rappresentare, non per mezzo di circoli eccentrici, nè per mezzo di circoli omocentrici allo Zodiaco e portanti epiciclo, e neanche, per Giove, colla combinazione di entrambe queste cose.* „ — Qui sono accusati i vecchi matematici di non aver dimostrato che *una sola anomalia*, la quale è manifestamente l'anomalia solare; ed *una sola retrogradazione*, perchè usando la sola anomalia solare, necessariamente l'arco di retrogradazione risulta lo stesso in tutte le parti dello Zodiaco. E si dice, che Ipparco non era contento di rappresentare quest'anomalia, come quelli facevano, per mezzo di circoli eccentrici, o di epicicli mossi concentricamente allo Zodiaco. Abbiamo dunque attestato qui un'altra volta l'uso che i matematici anteriori ad Ipparco facevano, per spiegare l'anomalia solare, delle due ipotesi considerate da Apollonio: cioè degli eccentri mobili, e degli epicicli mossi concentricamente allo Zodiaco.

21. — Sulle idee d'Ipparco intorno a questo argomento abbiamo notizie alquanto differenti da Adrasto Afrodisiense, conservateci da Teone Smirneo nel suo compendio d'astronomia. Vi leggiamo infatti (15): "Ipparco dice essere degno di considerazione matematica il conoscere la causa, per la quale, adottando ipotesi così fra loro differenti, quali son quelle degli eccentrici da un lato, e dall'altro quelle degli omocentrici portanti epiciclo, si arrivi al medesimo risultato. „ E più sotto accenna come Ipparco si decidesse per l'ipotesi degli epicicli: "Ipparco preferisce e fa sua propria l'ipotesi epiciclica; dicendo sempre brargli più credibile, che tutto il sistema delle cose celesti sia ordinato simmetricamente ed in egual modo connesso rispetto al centro del mondo. E malgrado ch'egli non fosse un fisico, e non abbia considerato accuratamente quali siano per gli astri i moti reali e consentanei alla natura, e quali si facciano accidentalmente e per sola apparenza; tuttavia anch'egli suppose, l'epiciclo di ciascuno muoversi sulla periferia di un circolo concentrico, ed il pianeta sulla periferia dell'epiciclo. „

22. — Tali notizie non consuonano intieramente con quelle dateci da Tolomeo; non vi ha tuttavia alcuna ragione di tenerle come sospette. Probabilmente le une e le altre si riferiscono ad epoche diverse nella carriera del grande astronomo di Nicea. Egli infatti non raccolse i suoi lavori astronomici in un grande ed unico sistema comparabile all'*Almagesto*; ma li consegnò di mano in mano a brevi Memorie, scritte in diversi tempi, di parecchie delle quali il titolo ci è stato conservato. Nei suoi primi scritti egli avrà adot-

(15) THEONIS SMYRŒNI *Astronomia* ed. H. MARTIN, pp. 244, 292 e 300-302.

tato le idee dei matematici a lui anteriori, come dice Adrasto; soltanto dopo aver raccolte sui pianeti molte osservazioni, dopo averle messe in ordine opportuno, e dopo averle esaminate con occhio critico, sarà giunto alle idee più esatte esposte nella narrazione di Tolomeo.

23. — *Posidonio e Gemino*. — Una terza notizia sopra gli eccentrici mobili ci è fornita da Gemino, che nel secolo precedente l'era volgare fu dotto scrittore di cose scientifiche, e molto studiò la storia delle matematiche, siccome risulta principalmente dagli estratti che di lui dà Proclo nel suo commentario al primo libro d'Euclide. Stando a quanto egli stesso afferma nel primo capitolo dei suoi *Elementi d'astronomia* (16), Gemino aveva trattato specialmente le ipotesi planetarie in un'altra opera che ora più non abbiamo. Invece alcuni brevi cenni di Gemino, concernenti il moto dei pianeti, ci sono stati conservati da Simplicio nel suo commentario alla fisica d'Aristotele; essi derivano da un compendio, che Gemino aveva scritto sopra la *Meteorologia* di Posidonio (17). Essendo questo passo molto importante sotto più riguardi, e dovendo noi usarne più d'una volta, l'ho riferito tutto intiero testualmente nell'appendice che sta in fine della presente Memoria, secondo l'ultima edizione fattane da H. Diels.

Gemino (o forse Posidonio) tratta ivi del diverso punto di vista, sotto cui le teorie dei movimenti celesti devono essere considerate dal fisico e dal matematico; ed espone su questo proposito le distinzioni, di cui sopra già abbiám fatto cenno (§ 10), indicando qual'è la natura ed il metodo delle ricerche del fisico, e quale la natura ed il metodo delle ricerche per l'astronomo. E viene quindi a dire: " Altre volte (l'astronomo) assegna in forma " d'ipotesi certe combinazioni da lui trovate, ammesse le quali, si può render conto dei fenomeni. Per esempio: — Per qual causa il Sole, la Luna, i pianeti sembrano muoversi " di moto irregolare? Perchè supponendo la loro circolazione farsi secondo gli eccentrici, " oppure secondo gli epicicli, è possibile salvare l'anomalia apparente dei loro movimenti. " Inoltre sarà necessario discutere secondo quante e quali maniere sia possibile rappresentare i fenomeni; affinchè la teoria degli astri erranti si accordi bene a quella dottrina " delle cause, che corrisponde al sistema adottato. „

Ecco qui di nuovo contrapposte le ipotesi degli eccentrici e degli epicicli, come ambedue capaci di spiegare l'anomalia apparente degli astri erranti. Soltanto qui, oltre che dei cinque pianeti, si parla anche del Sole e della Luna. Al tempo infatti, in cui Gemino scriveva, Ipparco aveva già provato, che anche pel moto del Sole e della Luna era possibile servirsi tanto d'un eccentrico, quanto d'un epiciclo. Notevole inoltre sembra l'affermazione: essere necessario discutere tutte le forme d'ipotesi, le quali valgono a rappresentare i medesimi fenomeni; affinchè il fisico, che ne indaga le cause, possa eleggere quella, che meglio corrisponde alla realtà dei fatti.

24. — *Adrasto Afrodisiense*. — Questo filosofo peripatetico, il quale sembra fosse abbastanza bene informato delle matematiche, ci tramandò sulla storia dell'astronomia molte preziose notizie, contenute nei lunghi estratti che ne ha fatto Teone Smirneo, intendendo con essi quasi per intiero il suo compendio di astronomia. Non è conosciuta con precisione l'epoca in cui visse; sembra che fosse anteriore d'alquanto a Tolomeo, e con

(16) In PETAVII *Uranologio*, ed. Paris 1630, p. 4.

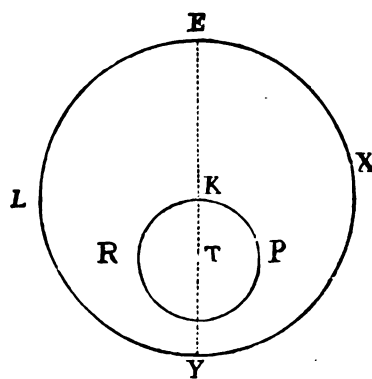
(17) Come risulta dal testo riportato nell'appendice, Simplicio non aveva nelle mani il testo di Ge-

mino, e lo ha riprodotto estraendolo dal commento, che sulla *Fisica* di Aristotele aveva fatto Alessandro Afrodisiense.

una certa verosimiglianza si può collocarlo al principio del secondo secolo di Cristo. L'insieme delle sue notizie astronomiche appartiene però ad un'epoca più antica; e rappresenta ad un dipresso le nozioni che prevalevano fra i matematici greci immediatamente anteriori ad Ipparco. Questo astronomo egli nomina più volte, ma sembra che ne abbia conosciuto soltanto alcuni lavori; e forse anzi le notizie ch'egli ne ebbe, furono di seconda mano. Fra le altre cose egli sembra aver affatto ignorato la capitale scoperta della precessione degli equinozi.

La trattazione piuttosto copiosa che Teone da lui riporta circa la teoria dei movimenti planetari, è fatta principalmente secondo l'ipotesi degli epicicli, non omettendo però una frequente, sebbene per lo più assai superficiale, comparazione con quella degli eccentri. La teoria del moto solare anzi è copiosamente esposta in entrambe le ipotesi, e con proliosità assai maggiore del necessario si dimostra (probabilmente sulle tracce d'Ipparco) che l'una e l'altra conducono a risultamenti identici. Per la Luna e per i cinque pianeti, l'identità dei risultati dati dalle due ipotesi è affermata ripetutamente, ma non provata. Fin dal principio egli comincia (18) col dire, che... " qualunque forma si voglia adottare, i fenomeni saranno salvi; e si dimostrerà, essere vana la dissensione dei matematici, dei quali alcuni dicono, gli astri erranti muoversi soltanto per eccentrici, gli altri " invece volendo, che si muovano intorno al centro stesso dell'Universo „. — Nei quali ultimi pare si vogliano indicare (poco a proposito veramente) i fautori delle sfere omocentriche di Eudosso e di Callippo. Segue una lunga serie di dimostrazioni, tutte concernenti il problema noto d'Ipparco, del rappresentare l'anomalia del Sole, sia con un epiciclo, sia con un eccentro fisso. Fatta vedere, per questo caso del Sole, l'identità degli effetti nelle due ipotesi, continua (19): " Le medesime cose si dimostrano anche per gli altri erranti; " eccettuato soltanto questo, che il Sole nell'una e nell'altra ipotesi le ripete sempre (ad ogni " periodo), perchè per esso i tempi delle restituzioni di longitudine, di latitudine, di altitudine, e di anomalia dai più son stimati uguali, ciascuno di $365 \frac{1}{4}$ giorni... Ma per gli " altri erranti (20) variando molto i tempi suddetti, e per gli uni più, per gli altri meno, " le apparenze di ciascuno riescono più variate e mutevoli, " tanto che nell'una che nell'altra ipotesi „... Dimostrato poi il modo con cui, e coll'eccentrico e coll'epiciclo si rende conto delle massime, medie e minime distanze del Sole dalla Terra, procede così (21):

" Per gli altri pianeti, siccome essi fanno in ogni parte " dello Zodiaco le loro massime, minime, e medie distanze, " e così pure le loro massime, minime, e medie velocità " [apparenti, diremo così]. Se dal centro T del mondo, con " raggio TK, s'intenda descritto il circolo R K P concentrico al mondo, ed uguale all'epiciclo dell'altra ipotesi; e " si supponga rivolgersi intorno al centro T, portando seco " in giro il centro K dell'eccentrico, con moto contrario a quello (diurno) del mondo, facendo " un certo periodo rivolutivo; se inoltre mettiamo che l'eccentrico E L Y X si rivolga, secondo un altro periodo rivolutivo diverso dal primo, intorno al suo proprio centro K, e



(18) THEONIS SMYRNÆI, *Astron.* ed. MARTIN, cap. XXVI, p. 220.

(19) THEONIS SMYRNÆI, *Astron.* ed. MARTIN, cap. XXVII, p. 258.

(20) THEONIS SMYRNÆI, *Astron.* ed. MARTIN, cap. XXVIII, p. 262.

(21) THEONIS SMYRNÆI, *Astron.* ed. MARTIN, cap. XXX, p. 270.

“ portando seco infisso il pianeta nel punto E; si potranno con queste ipotesi spiegare i
 “ fenomeni, purchè a ciascun pianeta si assegnino le durate convenienti per le [due] rivo-
 “ luzioni. Ma troppo lunga dimostrazione sarebbe necessaria, se si volesse anche qui metter
 “ fra loro d'accordo le ipotesi dei matematici (22), i quali prendendo a base la sola con-
 “ siderazione dei fenomeni e delle combinazioni accidentali dei movimenti, con zelo si die-
 “ dero a cercare tali ipotesi, alle quali i fenomeni bene corrispondessero;... tutti usando
 “ metodi imperfetti, e non coordinati alla realtà fisica delle cose, alla quale è pur neces-
 “ sario attendere. „

25. — Ecco dunque descritta un'altra volta l'ipotesi dell'eccentro mobile. Ma la descrizione d'Adrasto è molto meno limitata nelle sue condizioni, che quella d'Apollonio (23). La condizione imposta da Apollonio, che la rivoluzione del centro dell'eccentrico intorno alla Terra si faccia in un anno seguendo il moto del Sole, rendeva l'ipotesi applicabile ai soli pianeti superiori, pei quali evidentemente è stata escogitata. Qui Adrasto considera la cosa in modo più generale, non ponendo alcuna limitazione nei periodi, nè nel rapporto di grandezza fra i due cerchi della figura qui sopra. E così era necessario fare: perchè Adrasto non considera soltanto i pianeti superiori, ma tutti e cinque i pianeti, ed anche la Luna. L'unica limitazione ch'egli mette, è questa: che *nell'ipotesi dell'eccentro mobile il circolo R K P percorso dal centro dell'eccentrico intorno alla Terra sia uguale all'epiciclo dell'ipotesi epiciclica*. Con ciò senza dubbio egli ha voluto dire, che il rapporto dei raggi dell'eccentrico e del circolo R K P sia uguale al rapporto, che nell'ipotesi epiciclica ha il raggio del deferente al raggio dell'epiciclo. E questa è veramente la condizione necessaria perchè sia possibile l'equivalenza delle due ipotesi, siccome chiaramente risulta dalle considerazioni fatte nel § 12.

È dunque manifesto, che dal tempo d'Apollonio al tempo d'Ipparco (al quale crediamo press'a poco contemporanee le idee esposte da Adrasto) il concetto di *eccentrico mobile* si era fatto più generale. Gli eccentri mobili di Apollonio potevano solo adattarsi alla teoria dei pianeti superiori: il che prova, essere eglino stati escogitati appunto per quei pianeti, senza dubbio qual complemento alla teoria dei pianeti inferiori, cui gli epicicli si adattavano così bene nel sistema di Eraclide Pontico. Invece il moto degli apsidali lunari avea mostrato, che alla Luna poteva applicarsi la teoria dell'eccentro solare, facendo però muovere lentamente il centro di questo intorno alla Terra, in un tempo uguale al periodo rivolutivo dell'apogeo lunare (24). E molto probabilmente dobbiamo riconoscere da ciò la maggior generalità che acquistò l'idea di eccentro mobile dopo Apollonio.

26. — Ma oltre alla Luna, Adrasto comprende nella sua definizione degli eccentri mobili anche i due pianeti inferiori. Che il moto di questi pianeti, in modo così evidente rappresentato dall'epiciclo nell'ipotesi di Eraclide Pontico, si possa anche tradurre in una certa forma di eccentro mobile, non vi ha dubbio alcuno, dopo quanto abbiamo esposto

(22) *Longum est demonstrando persequi, quae sit, et quatenus accidat, maxima stellarum errantium altitudo, quae media, quae minima; seu per eccentricos ferantur, seu per epicyclos (circulos). Itaque veniemus etc.* Così Calcidio, copiando anch'egli Adrasto, nel suo Commentario al *Timeo* di Platone, capo LXXXVI (MULLACH, *Fragmenta Philosophorum Graecorum*, vol. II, p. 201). Vedi anche al capo LXXIX del medesimo Commentario un cenno

delle dissensioni dei matematici al riguardo degli eccentri e degli epicicli.

(23) Vedi qui sopra, § 14.

(24) Tolomeo conosceva il modo di rappresentare l'anomalia della Luna con un eccentro mobile (*Almagesto*, IV, 4. Non l'adottò, volendo riservare l'eccentro mobile alla teoria dell'evezione. Ma ebbe cura di dimostrare, che ambedue le ipotesi si possono adattare in modo da produrre gli stessi risultati.

nel § 12. Ma che questo sia stato fatto realmente dai matematici greci, mi par molto incerto. L'ipotesi dell'eccentro mobile ha il grave difetto di non rendere intuitiva e chiara a primo aspetto la spiegazione delle stazioni e delle retrogradazioni. Nulla poteva giustificare l'uso, fuorchè la possibilità di coordinare con essa il moto dei pianeti superiori e quello dei pianeti inferiori in un unico sistema (cioè in quello che poi fu detto ticonico). La sua applicazione ai pianeti inferiori non solo avrebbe annullato questo vantaggio, ma avrebbe portato nel sistema quell'eterogeneità, che appunto si voleva sfuggire (25).

Noi pensiamo dunque che Adrasto, il quale sembra che scrivesse la sua *Astronomia* come parte di un Commentario al *Timeo* di Platone (26), abbia esposte le cose in un modo generico, e non esatto fino agli ultimi particolari. Costretto dal suo scopo ad evitare (come egli stesso dice nel passo più sopra riferito) troppo lunghe dichiarazioni, non poté o non volle distinguere accuratamente i vari casi che si potevano presentare nell'applicazione degli eccentri mobili alla Luna, ai pianeti superiori ed ai pianeti inferiori; tanto più che gli eccentrici rappresentavano per lui soltanto una combinazione accidentale di movimenti (*κατὰ συμβεβηκός*), e non il vero piano della natura (27).

V.

ORIGINE DEGLI ECCENTRI E DEGLI EPICICLI.

27. — Le precedenti notizie sull'ipotesi degli eccentri mobili ci permettono di seguirne l'esistenza per circa tre secoli, dai tempi di Apollonio di Perga fino a quelli di Adrasto Afrodisiense; esse ci danno inoltre il modo d'interpretare rettamente alcuni luoghi di antichi scrittori, che si riferiscono alla loro origine ed a quelli degli epicicli.

Gemino, nel primo capitolo della sua *Introduzione ai fenomeni*, scrive: " Si assume in tutta l'astronomia come principio, che il Sole e la Luna ed i cinque pianeti si muovono di moto circolare uniforme in senso contrario alla rivoluzione diurna del mondo. I Pitagorici, che per i primi intrapresero queste ricerche, supposero circolari e regolari i movimenti del Sole, della Luna e dei cinque pianeti. Essi non ammettevano in questi corpi divini ed eterni tale disordine, per cui avessero ora a correr più presto, ora ad andar più lentamente, ora ad arrestarsi, come fanno i cinque pianeti nelle loro così dette stazioni. Nessuno infatti ammetterebbe un simile irregolar modo di camminare in una persona composta e di abito bene ordinato. Spesso le necessità della vita sono agli uomini causa di lentezza o di velocità; ma di tali cause nessuna se ne può assegnare nella natura incorruttibile degli astri. Onde i Pitagorici proposero la questione: in qual modo per mezzo di movimenti circolari ed uniformi si possano rappresentare i fenomeni (28). "

(25) Mentre per i pianeti superiori la rivoluzione del centro dell'eccentrico intorno alla Terra è per tutti un anno, per gli inferiori dovrebbe essere diversa, e per ciascuno di essi uguale a ciò che noi chiamiamo *rivoluzione siderica*, periodo che per Mercurio e Venere era agli antichi (ed anche ai moderni prima di Copernico) totalmente sconosciuto.

(26) H. MARTIN, introduzione alla sua edizione di Teone Smirneo, p. 76.

(27) THEONIS SMYRNÆI, *Astronomia* ed. MARTIN, p. 210, e le spiegazioni di MARTIN, p. 368.

(28) GEMINI, *Isagoge in Phaenomena* nell'*Uranologia* di Petavio, ed. 1630, p. 3.

28. — Un'analogia ma non identica notizia, data in origine da Adrasto Afrodisiense, si trova nei suoi due compilatori, Teone Smirneo e Calcidio. Teone dice (29): "Le varie apparenze dei moti planetari nascono da questo: che i pianeti, infissi come sono ciascuno in una propria sfera, e mossi da quella secondo certi circoli, al nostro occhio sembrano proiettarsi sullo Zodiaco, come fu primo ad intender Pitagora. „ — Calcidio (30): "Videntur tamen nobis omnes quidem planetae non aequali motu, quidam tamen inordinata quoque agitatione ferri. Quam igitur causam dicemus hujus erroris et praeitionis? Supra memoratam, a Pythagora intellectam, quod quum in globis suis consistentes ferantur, per Zodiacum ferri, languente visus acie, putentur. „ — A questa notizia non si potrà attribuire alcun valore istorico, se non ammettendo, che per Pitagora abbiansi da intendere quei medesimi Pitagorici, di cui parla Gemino. E ne risulterebbe, aver questi Pitagorici spiegato la irregolarità dei movimenti planetari per mezzo della combinazione di due moti circolari, uno concentrico alla Terra, l'altro avente il suo centro fuori di essa (eccentrico od epiciclo).

29. — Proclo nel suo libro delle *Ipotiposi* si spiega anche più chiaramente (31). Dopo aver accennato in brevi termini alla discordanza che s'incontrava nelle ipotesi astronomiche conosciute al suo tempo, aggiunge che "anche agli illustri Pitagorici (siccome abbiamo appreso dalla storia) piacquero le ipotesi degli eccentrici e degli epicicli, per essere più semplici di tutte le altre; e lo stesso Pitagora esortò a risolvere i problemi colle ipotesi più semplici e più facili, come quelle che a preferenza delle più complicate vengono a quei corpi divini. „ — Qui Proclo intende probabilmente gli eccentrici nel senso delle ipotesi tolemaiche (di cui parla poco dopo), cioè nel senso di eccentrici fissi; ma l'autorità da cui egli dipende (che possiamo con fondamento supporre sia Gemino nel suo trattato (32) *Sull'ordinamento delle discipline matematiche*) l'intendeva senza dubbio come tutti gli altri scrittori, che abbiain veduto poc'anzi mettere l'una e l'altra ipotesi in reciproca correlazione. Lasciando pure in dubbio quanto si attribuisce personalmente a Pitagora, avremmo questa notizia: che la prima idea così degli eccentrici mobili, come degli epicicli, sarebbe dovuta ai Pitagorici.

30. — Ma le notizie più importanti che abbiamo su tale argomento sono quelle riferite da Simplicio nel suo Commentario ad Aristotele *De Coelo*. Prendendo a trattare del sistema delle sfere omocentriche, dice: "Primo dei Greci Eudosso da Cnido (siccome narrò Eudemo nel secondo libro della *Storia dell'astronomia*, e Sosigene dietro l'autorità di Eudemo), dicesi aver per mezzo di simili ipotesi tentato di sciogliere il problema proposto, come narra Sosigene, da Platone a quelli che di tali cose si occupavano; con quali supposizioni cioè di moti regolari ed ordinati si potessero rappresentare i fenomeni osservati nei movimenti dei pianeti (33). „ L'autorità di Eudemo, da cui questa notizia dipende, è la più grande che si possa desiderare. Alquanto più sotto, dopo aver esposta la dottrina delle sfere omocentriche, e le difficoltà che ne consigliarono più tardi l'abbandono, aggiunge: "I posteriori astronomi adunque respingendo l'ipotesi delle sfere revol-

(29) *Astronomia*, capo XXII, p. 212 ed. MARTIN.

(30) *Comm. in Timaeum Platonis*, c. LXXVI-LXXVII.

(31) PROCLI *Hypotyposes*, ed. HALMA, p. 70-71.

(32) Opera di cui gravissima fu la perdita per la storia dell'astronomia e di tutte le matematiche.

Citata da Pappo, *Coll. Math.* ed. HULTSCH, p. 1027. Proclo se ne servì per le notizie storiche preziosissime da lui riferite nel suo Commentario al Libro I di Euclide.

(33) SIMPL. *De Coelo*, ed. HEIBERG, pp. 488, 493.

“ venti, principalmente perchè non valgono a spiegare le variazioni delle distanze e le anomalie dei movimenti, alle omocentriche surrogarono le ipotesi degli eccentrici e degli epicicli, se pure quella dei circoli eccentrici non fu già ideata dai Pitagorici, come alcuni altri narrano, e fra questi Nicomaco, e sull'autorità di Nicomaco, Jamblico „ (34). Anche questa notizia sembra ben fondata; perchè il Nicomaco qui nominato appena si può dubitare che sia il celebre matematico di Gerasa, il quale aveva scritto un'opera intitolata *Collezione dei dogmi pitagorici* (35). Da questa, secondo quanto con molta verosimiglianza congettura il Fabricio, l'avrebbe riferita Jamblico nel libro X della sua opera *Sulla dottrina pitagorica*; il qual libro X trattava appunto delle dottrine pitagoriche *περί σφαίρικῆς καὶ ἀστρολογικῆς* (36). — Adunque, secondo Nicomaco, ai Pitagorici sarebbe dovuta la prima idea di introdurre l'ipotesi degli eccentrici per spiegare le apparenze dei movimenti planetari. Anche qui non si può intender altro che di eccentrici mobili; prima, perchè con i soli eccentrici fissi senza epicicli nulla si può spiegare delle retrogradazioni; secondo, perchè l'idea di applicare l'eccentro fisso per soddisfare all'ineguaglianza zodiacale dei pianeti non è anteriore ad Ipparco, siccome abbiamo dall'autorità incontrastabile di Tolomeo (vedi sopra § 20). Non risulta poi dalla citazione di Simplicio, se Nicomaco, attribuendo ai Pitagorici l'invenzione dell'eccentro, escludesse ad un tempo, che questi avessero inventato anche l'epiciclo. Dal modo con cui si esprime Simplicio, una tale esclusione sembra probabile, sebbene non possa dirsi assolutamente certa.

31. — Questo insieme di testimonianze, lasciando per ora da parte qualche contraddizione secondaria di cui non è difficile rendersi conto in scrittori quasi tutti assai posteriori all'evento, ci conduce con discreta concordia a cercare presso i Pitagorici il primo concetto di rappresentare le irregolarità planetarie sovrapponendo all'antica rivoluzione circolare ed uniforme intorno alla Terra, un altro moto circolare ed uniforme intorno ad un secondo centro. La prima questione che si presenta è di sapere, a quali Pitagorici qui si faccia allusione. — Su questo punto osserviamo in primo luogo, esser senz'altro escluse da queste considerazioni le scuole dei Neopitagorici; delle quali, secondo che espone lo Zeller (37), cominciano a manifestarsi indizi certi soltanto verso la metà del secolo che precedette l'era volgare; mentre Apollonio, autore di eleganti teoremi sugli eccentrici e sugli epicicli, visse circa un secolo e mezzo prima, essendo stato contemporaneo d'Archimede, e soltanto di lui un poco più giovane (38). — Noteremo in secondo luogo, che il problema di trovare “ in qual modo per mezzo di movimenti circolari ed uniformi si potrebbero rappresentare i fenomeni „ proposto dai Pitagorici secondo Gemino, è identico nella sostanza a quello che Eudemo fa proporre da Platone, “ con quali supposizioni di movimenti regolari ed ordinati si potessero rappresentare i fenomeni osservati nei movimenti dei pianeti „. — Ora se all'epoca di cui qui si discorre (suppongo intorno al-

(34) SIMPL. *ibid.* p. 507.

(35) Citata da SIRIANO nel Commento al XII della *Metafisica* di Aristotele. Vedi FABRICIO-HARLES, *Bibl. Gr.* vol. V, pag. 637.

(36) Poteva anche Jamblico aver riferito questa notizia nel suo Commento all'*Aritmetica* di Nicomaco; ma ho verificato che nè nell'*Aritmetica* di Nicomaco, nè nel Commento di Jamblico nulla si trova su tale proposito.

(37) ZELLER, *Die Philosophie der Griechen in*

ihrer geschichtlichen Entwicklung, vol. VI della 3ª edizione, p. 79-98. BERGK però era di opinione contraria... *Die Pythagoreische Schule ist niemals erloschen*... Vedi le sue Memorie postume pubblicate a Lipsia nel 1883 col titolo: *Fünf Abhandlungen zur Geschichte der Griechischen Philosophie und Astronomie*, p. 119.

(38) F. HULTSCH, notizia su Apollonio in PAULY-WISSOWA, *Real-Encyclopädie der klassischen Alterthumskunde*.

l'anno 365 o non molto prima; Eudosso che sciolse il detto problema col mezzo delle sfere omocentriche morì ancor giovane intorno al 355) i Pitagorici ne avessero già data una soluzione plausibile per mezzo degli eccentrici e degli epicicli, Platone non l'avrebbe certamente ignorata, e non avrebbe proposto una seconda volta lo stesso problema quasi nei medesimi termini. Ne concludiamo, che i Pitagorici a cui si allude non potevano essere, nè i veri primitivi discepoli di Pitagora, nè anche i posteriori sino a Filolao, e neppure i contemporanei di Filolao (che fu circa mezzo secolo più vecchio di Platone); ma si devono cercare fra i coetanei di Platone, o nel tempo che immediatamente gli succedette. Infatti se queste ipotesi fossero state pubblicate vivendo ancora Platone, ei ne avrebbe molto probabilmente riconosciuta l'importanza, e soprattutto non sarebbe stato indotto a tornare nei suoi ultimi anni sulla antica ipotesi del Fuoco centrale, ipotesi che poteva esser buona per Filolao, ma dopo i lavori di Eudosso non poteva più esser considerata come sufficiente. Noi siamo così condotti all'epoca di Filippo Macedone e di Alessandro (347-330), durante i cui regni le scuole pitagoriche si vennero poco a poco ingloriosamente estinguendo, lasciando il nome a certe confraternite, il cui intento era più ascetico e religioso, che filosofico (39).

32. — Ma se le scuole cessarono, non si perdettero totalmente le dottrine; delle quali non piccola parte aveva già adottato lo stesso Platone. Sappiamo che nella scuola di Platone e dei suoi successori eran tenuti in grande onore i libri di Filolao (40). Eraclide Pontico egli stesso, quantunque considerato dai più come filosofo platonico, non mancò di frequentare gli insegnamenti dei Pitagorici, siccome narra Diogene Laerzio (41); e da un altro scrittore antico è francamente designato come Pitagorico (42).

Che le opinioni pitagoriche intorno alla costruzione dell' Universo avessero ai tempi d'Aristotele molti fautori anche fra quelli che non facevano speciale professione di filosofia pitagorica, è attestato da Aristotele medesimo *De Coelo*, II, 13. Esposta la dottrina del Fuoco centrale, aggiunge: " Anche molti altri potrebbero essere di questa opinione, che " non si debba porre la Terra al centro.... Essi pensano infatti, che nel centro, come " luogo più degno, si debba collocare la cosa più degna.... Onde concludendo pronun- " ziano, che non la Terra ma il Fuoco stia nel centro. „ Sul quale passo riflette giustamente Boeckh (43), doversi applicare non al passato, ma ad opinioni diffuse al tempo di Aristotele. I dogmi pitagorici avevan cessato di essere oggetto d'insegnamento in scuole speciali, ma sopravvivevano nell'opinione di molti, ad in parte trovavan favore nella stessa Accademia. Da queste riflessioni deriva la conclusione; che la prima idea degli epicicli e degli eccentrici fu concepita verso l'epoca di Filippo o di Alessandro, non fra gli Accademici puri, nè nel Liceo: ma fra quei pensatori più indipendenti, che al modo di Eraclide

(39) ZELLER, *Philosophie der Griechen*, vol. I (5ª ediz.), p. 338-342; vol. VI (3ª ediz.), p. 79 e seguenti. Diodorò (XV, 70) afferma, che gli ultimi Pitagorici vissero al tempo di Alessandro Magno. Circa l'opinione contraria di BERGK, vedi qui sopra la nota (37).

(40) Anzi lo ZELLER, *Phil. der Gr.* vol. III (4ª ediz.), p. 1000, sembra addirittura attribuire a Speusippo la dottrina del fuoco centrale. Veggansi anche le p. 1003-1008 circa le grandi sue tendenze al pitagorismo.

(41) Nella vita di Eraclide Pontico.

(42) DESWERT, *Dissertatio de Heraclide Pontico*, p. 11. Lo stesso a p. 41: " Dubites, utrum Pythagoricus, an Platonius cum Strabone vocari possit. " Etenim Platonis sententiam de iis certe quae ad " naturae cognitionem pertinent, perstrinxit; Pythagoraeorum potissimum doctrinam in ea philosophiae " parte complexum esse eum servata quaedam placita aperta declarant. „

(43) *Untersuchungen ueber das kosmische System des Platon*, p. 147-148.

Pontico, senza formare scuola a parte, eran rimasti fedeli, almeno per quanto concerne le cose naturali, alle idee pitagoriche, e perciò poterono ancora con qualche verità esser chiamati Pitagorici, specialmente da scrittori molto posteriori. — Come si vede, questo modo d'interpretazione sembra l'unico che permetta di dare un qualche senso accettabile alle notizie abbastanza concordanti, che sopra l'origine degli epicicli ci danno Gemino, Adrasto, Nicomaco e Proclo; posto almeno che si voglia (ciò che io credo si debba fare) attribuire alle medesime un qualche valore storico.

33. — Un'altra considerazione è ancora da fare su questo problema. Infatti l'invenzione degli eccentri e degli epicicli ha dovuto presentare due fasi, come sopra già si è notato. Da principio essi sono stati ravvisati direttamente nel cielo, sotto forma di fatto fisico, cioè come circolazioni eseguite dai pianeti intorno al Sole qual centro. Soltanto più tardi, sia per seguire idee preconcepite, sia per evitare difficoltà realmente esistenti o credute insuperabili, di quelle circolazioni si disconobbe il carattere fisico; levato il Sole dal loro centro, i matematici ne conservarono soltanto il carattere geometrico; ed ammisero come possibile l'ipotesi di astri che circolano intorno a punti ideali, privi d'ogni natural contrassegno. Il problema di ricercare l'origine degli eccentri e degli epicicli si divide pertanto in due problemi distinti, secondo che si considera l'una o l'altra delle due fasi accennate.

Se, prendendo la cosa sotto il primo aspetto, ci domandiamo chi è stato il primo a veder in cielo circolare un astro, descrivendo un epiciclo intorno ad un altro astro, risponderemo subito, che fu Eraclide Pontico. Egli vide Mercurio e Venere descrivere intorno al Sole i loro circoli, i quali, mossi col Sole intorno alla Terra, dovevano apparire a lui, ed appajono anche a noi, sotto forma di epicicli. E se si domandi chi è stato il primo a veder nel corso dei pianeti superiori un circolo eccentrico rispetto alla Terra, ma continuamente accentrato sul Sole, risponderemo essere colui, che primo arrivò a costituire lo schema ticonico del mondo secondo la descrizione data più sopra (§ 7). Questi fu forse ancora Eraclide Pontico, come risulterebbe da alcune considerazioni, che svolgeremo più sotto. Vedremo inoltre, che se egli non fu, certo fu uno dei suoi contemporanei, il quale, oltre che dotato di sano raziocinio, dovette essere geometra abbastanza profondo per rendersi conto del modo, con cui poste tali ipotesi, è possibile con esse rappresentare le varie ambagi dei movimenti dei pianeti, così dei superiori, come degli inferiori. Eraclide era certamente informato di questa scoperta, come più sotto si dimostrerà.

34. — Assai meno facile è trattare l'altra forma della questione, determinare cioè chi per primo abbia osato supporre nei corpi celesti uno o più movimenti circolari uniformi intorno a centri ideali, vuoti di materia, e privi di ogni fisica entità; riducendo così l'eccentro e l'epiciclo a pure forme d'ipotesi geometrica, prive d'ogni base naturale. Un tal modo astratto di considerazione non ha potuto sorgere che nella mente dei matematici. I quali, spaventati forse dalle conseguenze, che dal concetto fisico dell'eccentrico e dell'epiciclo centrati sul Sole si potevano agevolmente dedurre (anzi erano state già dedotte ancora vivendo Eraclide Pontico), vollero far vedere, che coi medesimi eccentrici e coi medesimi epicicli era possibile salvare i fenomeni, senza togliere alla Terra la dignità di essere centro alle circolazioni di tutto l'Universo. Essi adunque dimostrarono potersi rappresentare i movimenti di tutti i pianeti, compresi il Sole e la Luna, nell'ipotesi dell'epiciclo mosso su di un deferente concentrico alla Terra, e non esser punto necessario assegnare al Sole quella posizione così eccezionale nel mondo, come da Eraclide e dagli inventori del sistema ticonico si supposeva. Mostrarono altresì, che l'ipotesi dell'eccentrico si adattava soltanto ai pianeti superiori; e da ciò trassero motivo di respingerla. Così fu

stabilito il trionfo dell'ipotesi epiciclica nella sua prima forma, qual'è quella esposta da Apollonio di Perga e da Adrasto Afrodisiense.

Quali siano stati questi matematici, e quando abbia avuto luogo una tale evoluzione d'idee, non è facile dire. Ai tempi d'Apollonio, cioè un secolo dopo Aristotele, essa era già compiuta. In questo intervallo cade la massima fioritura della geometria dei Greci. A quale dei geometri illustri che vissero allora, si possa attribuire la forma astratta assunta in seguito dalle due ipotesi degli eccentrici e degli epicicli, non si può congetturare in modo plausibile, attesa la totale mancanza di documenti. Secondo alcuni si potrebbe farne autore Apollonio medesimo; ma è una supposizione e nulla più.

VI.

IL SISTEMA PLANETARIO ELIOCENTRICO CONSIDERATO COME IPOTESI GEOMETRICA POSSIBILE.

35. — Credo che oramai nella mente di chi legge non sia rimasto più alcun dubbio, che veramente i Greci dalle idee di Eraclide Pontico circa il moto eliocentrico di Mercurio e di Venere siano stati condotti ad ammettere un simile moto eliocentrico anche per i pianeti superiori, arrivando così al sistema di Ticone. Una prova evidente ne abbiamo trovata nella descrizione che Apollonio di Perga ci ha lasciata dell'ipotesi degli eccentrici mobili, il cui centro si rivolge intorno alla Terra nel periodo di un anno, e perciò da lui stesso è indicata come applicabile soltanto ai tre pianeti superiori. Da qual altra fonte infatti, fuorchè dal concetto ticonico, poteva derivare l'idea abbastanza recondita dell'ipotesi suddetta (44), obbligata qual'è in uno dei suoi periodi, limitata nel suo possibile uso, e per di più non molto opportuna (quantunque pienamente rigorosa) per dare con chiarezza intuitiva e capace di persuadere anche i non geometri, una spiegazione delle stazioni e delle retrogradazioni? Adunque il risultato qui sopra enunciato è frutto d'induzione sicura, quantunque le dirette testimonianze di esso si possono considerare come irrevocabilmente perdute per noi.

36. — Or dal sistema ticonico a quello di Copernico è noto esser brevissimo il passo. La questione è allora ridotta a considerare il moto relativo del Sole e della Terra. Da una parte abbiamo la Terra con un satellite, la Luna; dall'altra il Sole, corteggiato da cinque satelliti, che sono i cinque pianeti minori, de'cui giri esso forma il centro. Se la Terra supponiamo fissa, ed il Sole facciam che giri intorno ad essa sempre restando centro alla circolazione dei cinque pianeti, abbiamo il sistema di Ticone. Se invece poniamo fisso il Sole, e con esso il centro delle orbite dei cinque pianeti, e facciam pure muovere intorno ad esso la Terra colla Luna, abbiamo il sistema di Copernico. Quest'ultima ipotesi dovette

(44) Tanto recondita, che fino agli ultimi tempi è passata inavvertita o non bene intesa anche dai più acuti indagatori di questa parte della storia scientifica. Veggansi a tale proposito le significanti osservazioni di H. MARTIN sugli eccentrici di Adrasto nelle note alla sua edizione di Teone Smirneo, pp. 111,

114, 119, 125, e principalmente p. 379, dove Adrasto è accusato d'errore, ma a torto. Gli effetti da lui descritti sarebbero falsi, se si trattasse di *eccentrici fissi*; ma Adrasto parla di *eccentrici mobili*; e per questi sono verissime le sue affermazioni.

senza dubbio parere molto ardita ai Greci di quel tempo, come quella che includeva la circolazione della Terra intorno al centro dell' Universo; ma una tal circolazione non era idea interamente nuova, e qualche cosa di simile già era stato proposto da Filolao. Questo nuovo grado nella scala delle deduzioni non era dunque tanto difficile ad essere superato; e lo fu infatti, ancora vivente Eraclide Pontico. Egli stesso ci dà questa notizia in un passo de' suoi scritti, sventuratamente troppo brevi, che per singolar caso ci è stato conservato, e che costituisce uno dei più importanti documenti nella storia dell'antica astronomia.

37. — Questo passo è riferito da Gemino nel medesimo estratto, che del suo commento alla *Meteorologia* di Posidonio ci è stato conservato da Alessandro Afrodisiense e da Simplicio; e che per intero riportiamo nell'Appendice posta in fine della presente Memoria. Già due volte ne abbiám fatto uso (§§ 10, 23); pure l'intima connessione che hanno tutte le idee esposte nel medesimo rende necessario di considerarlo ancora una volta nel suo complesso, al fine di poter penetrare esattamente nel senso della parte che concerne Eraclide Pontico. Il discorso di Gemino si aggira intorno al diverso ufficio, che le speculazioni fisiche da una parte, e le ricerche matematiche dall'altra, hanno nello studio della Natura. Secondo Gemino (il quale probabilmente qui rispecchia idee di Posidonio), “*appartiene alla teoria fisica il ricercare l'essenza, la potenza, la qualità, la generazione e la corrutibilità del cielo e degli astri tutti. Invece l'astronomia non si occupa di queste cose, ma specialmente ricerca le figure, le grandezze e le distanze della Terra, della Luna, del Sole; le eclissi e le congiunzioni dei corpi celesti, le qualità e le quantità dei loro movimenti; per le quali investigazioni le occorre l'ajuto dell'aritmetica e della geometria. Ma sebbene il fisico e l'astronomo abbian comuni molti oggetti di ricerca (per esempio la grandezza del Sole e la sfericità della Terra), non seguono però la medesima via... Quello infatti dimostra principalmente le cause e le potenze efficienti; questo, incapace di sollevarsi alla contemplazione dell'essenza delle cose, si limita a dimostrarne le circostanze esteriori.*” — Gemino prende quindi l'esempio dell'anomalia nel moto del Sole, della Luna e dei pianeti; e dice, “*che col rappresentarla per mezzo di eccentrici o di epicicli (che è il problema dell'astronomo) non è ancora fatto tutto; ma rimane il problema del fisico; di scegliere cioè, fra le ipotesi capaci di spiegare i movimenti, quella che si accorda colla dottrina fisica del mondo. Quindi, essere indifferente all'astronomo di sapere ciò che è fisso e ciò che si muove; esser per lui plausibile ogni ipotesi che rappresenti bene le apparenze, fosse anche quella indicata da Eraclide Pontico, secondo cui l'anomalia dei pianeti rispetto al Sole può essere spiegata col moto della Terra intorno al Sole supposto fisso.*” L'astronomo poi essere obbligato di ricorrere al fisico per i principi delle sue ricerche; per sapere, ad esempio, che i movimenti degli astri sono semplici, regolarmente ordinati, e circolari; gli uni secondo paralleli all'Equatore, gli altri secondo circoli obliqui rispetto a questo.

38. — Il passo d'Eraclide, di cui il senso generale è stato indicato in caratteri italici, ha forma di citazione testuale, e secondo la diversità dei codici e delle edizioni presenta due lezioni diverse, fra le quali la scelta è assai difficile, e non senza qualche influenza sul significato storico che ne deriva. L'edizione aldina di Simplicio e la Raccolta degli scolii aristotelici del Brandis (45), con le quali si accordano anche alcuni codici, hanno

(45) SIMPLICII *Commentaria in Aristotelis libros physicae auscultationis*. Venetiis, in aedibus Aldi, 1526, p. 65. — BRANDIS, *Scholium in Aristotelem*, ed. Regia Academia Borussica, p. 348.

la seguente lezione, che ha servito di base a tutte le discussioni sino ad oggi fatte sul presente argomento: *Αὐτὸ καὶ παρελθὼν τις φησὶν Ἡρακλείδης ὁ Ποντικός ἔλεγεν ὅτι καὶ κινουμένης πῶς τῆς γῆς, τοῦ δ' ἡλίου μένοντός πως, δύνεται ἢ περὶ τὸν ἡλίον φαινόμενη ἀνωμαλία σώζεσθαι.* Cioè letteralmente: *E perciò si fece innanzi qualcuno, dice Eraclide Pontico, a mostrare: che anche facendo muovere la Terra in un certo modo e star fermo il Sole, è possibile spiegare l'anomalia che si manifesta relativamente al Sole.* Lasciando per ora in aperto l'interpretazione delle parole attribuite ad Eraclide, dobbiamo dapprima considerare la frase introduttiva *Αὐτὸ καὶ παρελθὼν τις φησὶν Ἡρακλείδης ὁ Ποντικός ἔλεγεν ὅτι κ. τ. λ.* Qui la prima difficoltà sta nell'espressione *παρελθὼν τις*, intorno alla quale molto si è disputato. Secondo il Wyttenbach (46) essa includerebbe l'idea di tempo passato, ed indicherebbe quindi persona anteriore ai tempi di Eraclide, forse qualche Pitagorico. Deswert (47) crede indicato lo stesso Ecfanto, il cui nome è associato con quello di Eraclide Pontico in ciò che riguarda la rotazione della Terra. Gruppe (48) interpreta *im Vorübergehen*, in passando. Ma questo modo d'interpretazione e le conseguenze che il Gruppe ne deriva, sono state luminosamente confutate da Augusto Boeckh; il quale con una serie di luoghi paralleli (49), tratti da Tucidide, da Senofonte e da Demostene, ha provato nel modo più convincente, che qui la frase *παρελθὼν τις ἔλεγεν* deve interpretarsi nel senso di *qualcuno si fece avanti a dire* (in una assemblea), ed è frequentemente usata per introdurre un oratore a fare il suo discorso. A questa dimostrazione Boeckh connette una sua molto ingegnosa e verisimile congettura. Eraclide, imitando Platone, usò spesso nelle sue opere la forma di dialogo, come quella che è la più propria per discutere punti controversi. Non è dunque improbabile, che discutendo in uno dei tali dialoghi intorno alle ipotesi astronomiche, egli abbia introdotto a parlare un innominato nel modo che si è veduto (50). Questo innominato crede il Boeckh che potesse essere destinato a rappresentare le opinioni di Eraclide medesimo. Cicerone, il quale aveva molto studiato gli scritti d'Eraclide, dà ad intendere in due luoghi delle sue lettere, che questo non usava nei dialoghi parlare in propria persona, ma preferiva far sostenere ad altri le proprie parti (51). Adunque l'opinione riferita coll'*ἔλεγεν* non solo sarebbe citata da Eraclide, ma appartenerrebbe ad Eraclide stesso.

Teodoro Bergk (52) non ammette sul *παρελθὼν* l'opinione del Boeckh; egli suppone che il passo sia guasto, ed invece della comune lezione *Αὐτὸ καὶ παρελθὼν τις, φησὶν Ἡρακλείδης ὁ Ποντικός, ἔλεγεν...* vorrebbe leggere *Αὐτὸ καὶ προελθὼν φησὶν Ἡρακλείδης ὁ Ποντικός ἔλεγεν...* dove il *προελθὼν φησὶν* si riferirebbe all'autore scrivente, cioè a Gemino. Così s'interpreterebbe: *Perciò continua Gemino: Eraclide Pontico disse...* Anche questo modo d'interpretazione riferirebbe l'*ἔλεγεν*, non ad un innominato qualunque, ma ad Eraclide medesimo.

Questi diversi modi di considerare la cosa sono stati escogitati per dare una spiegazione plausibile della forma alquanto singolare, con cui le parole d'Eraclide vengono in-

(46) DANIELIS WYTTEBACHII. *Adnotatio ad Bakii librum de Posidonio*, presso BAKE, *Posidonii Rhodii reliquiae*, Lugd. Batav. 1810, p. 272.

(47) *Dissert. de Heraclide Pontico*, p. 176. Lovanii, 1830.

(48) *Die kosmische Systeme der Griechen*, p. 134. Berlin, 1851.

(49) *Untersuchungen ueber das kosmische System des Platon*. Berlin, 1852, pp. 137 e seguenti.

(50) Osserva del resto il Boeckh che il nome poteva benissimo esser stato dato da Eraclide, e soppresso da Gemino come poco rilevante allo scopo della citazione. *Kosm. System des Platon*, p. 140.

(51) CICERO, *ad Atticum*, XIII, 19; *ad Quintum fratrem*, III, 5.

(52) BERGK, *Fünf Abhandlungen zur Geschichte der Griechischen Philosophie und Astronomie*. Leipzig, 1883, p. 149.

tercalate da Gemino nel suo discorso. Del resto, sia che si vogliano accettare le congetture di Boeckh, sia che meglio ci arrida l'emendazione di Bergk, il risultato storico sarebbe il medesimo. Ad Eraclide Pontico si dovrebbe concedere l'onore di aver per primo concepito la possibilità di spiegare certo fenomeno, facendo muovere la Terra e star fermo il Sole.

39. — Non è tuttavia a dissimulare, che anche dopo questi tentativi di grandi eruditi resta sempre un certo grado di dubbio. Quello del Boeckh avrebbe il pregio di pigliare il testo quale lo danno una parte dei codici, e le vecchie edizioni; ma non toglie intieramente la singolarità del modo, con cui le parole di Eraclide vengono poste davanti al lettore. D'altra parte volendo supporre col Bergk che nel testo di Simplicio sia corso un errore, e che le parole *παρελθών τις* debbano in qualche modo essere emendate, diverse supposizioni diventano possibili, fra le quali è difficile far una scelta ben fondata. Perchè, invece di sopprimere il *τις* puramente e semplicemente, come fa il Bergk, sarebbe per esempio da considerare, se nel *παρελθών* non sia appunto nascosto il nome dell'autore dell'ipotesi riferita da Eraclide; autore, che per essere di oscura fama, Eraclide avrebbe designato col *τις*. O potrebbe anche il *παρελθών* indicare in forma corrotta una classe di persone, a cui il *τις* ignoto apparteneva; come accadrebbe, se Eraclide avesse scritto *παρ' ἡμῖν τις*, *alcuno dei nostri*: *τῶν πυθαγορικῶν τις*, *alcuno dei Pitagorici*, ecc. In tutte le supposizioni di questa classe Eraclide sarebbe semplice *relatore*, non *autore* della teoria che sta esposta nelle parole a lui da Gemino attribuite (53).

40. — Veniamo adesso all'altra lezione, che sopra (§ 38) abbiám detto esser proposta per il nostro testo. Fin dal 1882 il ch. Diels, che recentemente di nuovo pubblicò il commento di Simplicio in *Aristotelis Physicorum libros* per incarico dell'Accademia Reale di Berlino (54), e cortesemente volle prendere interesse a questi miei studi, mi avvertì per lettera, che nei migliori codici posti per base della nuova edizione manca la parola *ἔλεγεν*; leggendosi dunque soltanto *Διὸ καὶ παρελθών τις φησὶν Ἡρακλείδης ὁ Ποντικός, ὅτι καὶ κινουμένης τῆς γῆς κ. τ. λ.* In questa nuova costruzione Eraclide Pontico sarebbe indicato direttamente come autore dell'ipotesi riferita nelle linee che vengon dopo, e cesserebbe su questo punto quel dubbio, che rimaneva adottando l'altra lezione. Ma le parole *παρελθών τις* diventano allora vieppiù enigmatiche. Il senso letterale, che così si ottiene... *Perciò un tal Eraclide Pontico si fa innanzi a dire, che anche col far muovere la Terra, etc.*... è addirittura assurdo. Come ammettere infatti, che uno storico delle scienze qual fu Gemino abbia potuto scrivere quel *τις* e dire *un tale Eraclide Pontico* di un filosofo celebre in tutta l'antichità, che Cicerone, contemporaneo di Gemino, stimava altamente e leggeva (55),

(53) Fra tutte queste emendazioni più o meno plausibili ve n'è una, ché si presenta come abbastanza naturale, e merita una certa attenzione. Consisterebbe nel surrogare alle parole *παρελθών τις* queste altre: *Πλάτων, ὥς*: in modo da far dire a Gemino... *Διὸ καὶ Πλάτων, ὥς φησὶν Ἡρακλείδης ὁ Ποντικός, ἔλεγεν ὅτι*... In questo modo si potrebbe dunque far risalire a Platone l'idea di mettere il Sole immobile al centro dell'orbita terrestre; e si otterrebbe un'interessante spiegazione dei due passi di Plutarco (Numa, XI: *Platon. Quaestionum*, VIII), dove si narra sull'autorità di Teofrasto (vedi sopra la nota (3)), che Platone nei suoi ultimi anni opinasse, il luogo centrale dell'Universo, come più distinto, dover essere occupato non dalla Terra, ma da qualche cosa

più nobile, *ἐτέρῃ τινὶ κρείττονι*. La cosa più nobile sarebbe dunque, non il fuoco centrale, come parrebbe naturale di supporre, ma il Sole. Tale interpretazione si adduce qui come degna di ulteriore studio, non come base di deduzioni storiche, le quali sarebbero troppo importanti in questo caso, per affidarle a così piccolo e labile fondamento.

(54) SIMPLICI in *Aristotelis Physicorum libros* edidit Hermannus DIELS, *consilio et auctoritate Academiae litterarum Regiae Borussiae*. Berlino, 1882, p. 292.

(55) *Virum doctum*, lo chiama Cicerone, *De Divinatione*, I, 23; *Virum doctum in primis* nelle *Tusc. Disput.* V, 3. Vedi altresì qui sopra la nota (51).

che da Plutarco era collocato in una linea (56) con Aristotele, Socrate, Pitagora, Protagora, Teofrasto ed Ipparco? Non potè certamente Gemino aver ignorato la fama del Pontico; se mai è vero, che gli abbia applicato il *τις*, ciò non ha potuto essere che in segno di profondo disprezzo. Io non so rassegnarmi ad affermare una simile conclusione. Qui più che mai si rende plausibile, anzi necessaria, l'ipotesi, che le parole *παρελθών τις* siano corrotte. La supposizione più naturale sarebbe, che in esse si nasconda il titolo dell'opera di Eraclide, da cui Gemino fece il suo estratto. Ma percorrendo l'indice delle opere di Eraclide quale ci fu trasmesso da Diogene Laerzio nella sua biografia di questo filosofo, sembra difficile additare un titolo, che possa convenientemente surrogarsi in questo luogo, senza supporre troppo radicali cambiamenti. È vero però, che il catalogo di Diogene non è completo; ed è possibile, che ad un'opera ivi non registrata appartenga appunto tutto quello che si sa dell'astronomia di Eraclide Pontico.

Inoltre potrebbe anche darsi, che invece del titolo dell'opera in quel luogo si contenesse qualche altra indicazione concernente il passo estratto, o diretta forse anche a determinarne meglio il senso. Tale sarebbe per esempio il caso, se invece di *παρελθών τις*, Gemino avesse scritto *περὶ τουτῶν*, riferendosi ai cinque pianeti nominati nella frase che immediatamente precede (57); e dei quali esclusivamente si tratta nel passo di Eraclide, come più sotto si vedrà.

41. — Qualunque sia la decisione alla quale vogliamo appigliarci riguardo a questa ed alle precedenti questioni, nulla si muterà al risultato essenziale della nostra ricerca; solo rimane il dubbio, se veramente ad Eraclide o ad un altro suo anteriore o contemporaneo sia da attribuire l'onore di essere stato fra gli antichi il primo a concepire l'idea del movimento della Terra e la quiete del Sole. Ed in questo dubbio noi ci rassegheremo a rimanere per ora. Ma a controversie ben più gravi ha dato luogo l'interpretazione delle parole *ἡ περὶ τὸν ἥλιον φαινόμενη ἀνωμαλία*, esprimenti la natura del fenomeno che si tratta di *salvare*, cioè di rappresentare, facendo muover la Terra in un certo modo, e star fermo il Sole. Il Wytttenbach (58) e il Deswert (59), seguiti poscia dal Gruppe (60), nel moto qui accennato della Terra non vedono altro che la rotazione di essa, ammessa come cosa di fatto da Eraclide Pontico (61). Se infatti a questa rotazione si congiunga la quiete del Sole, si avrà una spiegazione sufficiente (se non completa) (62) del corso apparente diurno del Sole. Una simile interpretazione, singolare a dirsi, è pure stata accettata dal Boeckh (63), il quale cerca di appoggiarla con certe sue sottili e dotte riflessioni. Ma nessun ragionamento potrà persuaderci, che Eraclide Pontico abbia designato il corso apparente diurno del Sole col nome di *περὶ τὸν ἥλιον ἀνωμαλία*. Allora, come adesso, *anomalìa* nel senso astronomico significava *ineguaglianza*, *difetto d'uniformità*; invece il moto diurno del Sole era considerato come di uniformità assoluta; e tale certamente supponeva Eraclide che fosse il moto rotatorio della Terra.

(56) PLUTARCHI, *Non posse suaviter vivi secundum Epicurum*, c. 2.

(57) Vedi l'Appendice, dove si può studiare la connessione di questo passo con quello che precede e con quello che segue.

(58) POSIDONI *Rhodii reliquiae*; ed. Janus BAKE, p. 272.

(59) *Dissertatio de Heraclide Pontico*, p. 176.

(60) *Die kosmische Systeme der Griechen*, p. 134.

(61) Vedi in principio l'esposizione del sistema di Eraclide.

(62) Non completa, perchè la rotazione diurna apparente del Sole non segue esattamente un parallelo celeste, a causa del moto in declinazione.

(63) *Ueber das kosmische System des Platon*, p. 135-140.

42. — Il Bergk (64) non ha accettato questo modo di vedere, e con ragione. Per lui l'anomalia di Eraclide *appartiene al Sole*, e deve riferirsi al moto di questo lungo l'eclittica; il quale si sa essere ora più ora meno veloce, ed è quello a cui si deve l'ineguale durata delle quattro stagioni, già scoperta cent'anni prima da Eutemone. Eudosso non l'avea voluta ammettere; ma Callippo, contemporaneo di Eraclide, la confermò con osservazioni molto più esatte di quelle di Eutemone, ed anche aggiunse due sfere alle sfere omocentriche solari di Eudosso, per renderne ragione (65). Quest'idea, che già prima del Bergk aveva adottata H. Martin, seduce a primo aspetto, e la supposizione che si tratti di un'anomalia propria al corso del Sole, può sembrare a molti la più semplice e la più naturale. Nè dal punto di vista storico esiste alcun motivo di negare, che di tale anomalia qualche notizia potesse essere giunta anche ad Eraclide Pontico, sebbene in generale di simili minuzie si curassero più i matematici che i filosofi, e l'esempio di Eudosso potesse anche trattenere questi ultimi dall'approvare una tale novità. — Ciò che rende inaccettabile l'interpretazione è, che con essa dalle parole di Eraclide non si può ricavare senso plausibile alcuno, se dal puro significato grammaticale delle parole si voglia passare al fatto astronomico, che quelle parole sono destinate ad esprimere. Non occorre infatti grande discorso per far intendere, che il problema di spiegare l'anomalia del moto solare apparente offre appunto le stesse difficoltà, anzi è proprio il medesimo, sia facendo girare il Sole intorno alla Terra, sia facendo girare la Terra intorno al Sole; il sostituire una considerazione all'altra non avanza la questione d'un punto, e non spiega nulla. Occorre assolutamente introdurre un'altra ipotesi.

43. — Ciò ha bene veduto H. Martin; il quale nella sua esposizione del sistema di Eraclide Pontico (66), dopo di aver adottato in massima sul *παρελθών τις* le congetture del Boeckh, interpreta le parole *περὶ τὸν ἥλιον φαινόμενη ἀνωμαλία* nel senso adottato dal Bergk, cioè di anomalia del moto solare; ma sul modo con cui di una tale anomalia fosse possibile dare una spiegazione *κινουμένης πῶς τῆς γῆς, τοῦ δ' ἡλίου μένοντός πῶς*, ha esposto una sua interpretazione, che mi sembra far violenza al senso più ovvio e più naturale di queste parole. Esse sono da lui così tradotte: *la Terre se mouvant d'une certaine façon, et le Soleil étant en repos d'une certaine façon*. Martin ferma specialmente la sua considerazione sulla frase *le Soleil étant en repos d'une certaine façon*; e ne conclude, non trattarsi qui di mettere il Sole in assoluta quiete, ma solo *di togliergli alcuno dei suoi movimenti*. — “ Que s'agit-il d'expliquer? Ce n'est pas la *vitesse moyenne* du mouvement annuel du Soleil, mais c'est, comme Héraclide le dit, l'*anomalie* de ce mouvement. La *vitesse moyenne* est expliquée d'avance par la révolution annuelle, circulaire et uniforme, que Platon, Eudoxe, Callippe, Aristote et Héraclide lui même attribuaient au Soleil, d'occident en orient. Quant à l'*anomalie*, nous avons vu que Callippe l'expliquait en donnant au Soleil deux sphères motrices de plus que n'avait fait Eudoxe; mais l'anonyme, qu' Héraclide a sans doute pris pour son représentant dans ce dialogue (67), dit qu'on peut aussi rétirer au Soleil ce petit mouvement seulement, comme l'expriment les mots *μένοντός πῶς*, et donner à la Terre un petit mouvement annuel capable d'expliquer

(64) *Fünf Abhandlungen*, etc., p. 151.

(65) Vedi per questo le mie *Sfere omocentriche d'Eudosso*, ecc., p. 45-47.

(66) *Mémoires de l'Académie des inscriptions et belles-lettres*, tome XXX, 2^e partie.

(67) Vedi su ciò la testimonianza di Cicerone nella nota (51) qui sopra.

“ l'*anomalie* apparente du Soleil. Évidemment une rotation de la Terre ne pouvait pas
 “ rendre compte de ce phénomène solaire. Ainsi ce n'était pas d'une rotation qu'il s'agissait:
 “ il fallait que le mouvement attribué à la Terre à cette intention fût un mouvement de
 “ translation sur la circonférence d'un cercle, et que, pour les habitants de la Terre, mise
 “ ainsi en mouvement, l'anomalie solaire apparente fût l'effet d'une *parallaxe*, non pas
 “ diurne, mais *annuelle*, et dépendant du rayon d'une orbite qu'on supposait parcourue
 “ par la Terre en un an. Cette hypothèse accessoire pouvait s'adapter, soit à l'hypothèse
 “ principale d'Héraclide, qui donnait à la Terre une rotation diurne, soit aux hypothèses
 “ qui, pour expliquer la succession des jours et des nuits, donnaient au ciel entier un mou-
 “ vement diurne autour de la Terre immobile. Avec ou sans rotation diurne, la Terre
 “ pouvait être supposée accomplir, sur la circonférence d'une petite orbite tracée autour
 “ du centre du monde, une révolution annuelle, avec une vitesse uniforme d'orient en oc-
 “ cident, tandis que le Soleil accomplissait, d'occident en orient, sa révolution annuelle
 “ uniforme autour de ce même centre dans une grande orbite enveloppant celle de la Terre.
 “ Dans cette hypothèse, qui est la seule à la quelle puissent s'appliquer les expressions
 “ employées dans la phrase d'Héraclide, que devait-il arriver? Pendant que la révolution
 “ annuelle, circulaire et uniforme du Soleil, d'occident en orient, produisait le phénomène
 “ du *mouvement moyen* de cet astre, la révolution annuelle, circulaire et uniforme de la
 “ Terre autour de sa petite orbite, concentrique à celle du Soleil, devait produire, pour
 “ les habitants de la Terre, le phénomène de la *variation de vitesse* de ce même astre; car,
 “ par un effet de parallaxe facile à concevoir, cette révolution de la Terre devait produire,
 “ pour ses habitants, pendant une demi-révolution une *accélération apparente* du mou-
 “ vement du Soleil d'occident en orient, et pendant l'autre demi-révolution un *ralentis-*
 “ *sement apparent* de ce même mouvement, supposé uniforme. Ainsi, pourvu que le rapport
 “ entre les rayons des orbites concentriques du Soleil et de la Terre fût convenablement
 “ établi, et que les époques du passage de la Terre au périhélie et à l'aphélie de sa petite
 “ orbite fussent placées aux saisons convenables, cette hypothèse pouvait fournir une repré-
 “ sentation passable des phénomènes particuliers qu'elle était destinée à expliquer isolément;
 “ c'est à dire, que, suivant l'expression d'Héraclide, l'anomalie du Soleil était *sauvée* par
 “ ce petit mouvement de translation donné à la Terre, comme elle aurait pu être *sauvée*
 “ sans cela par un petit mouvement qu'on aurait ajouté au mouvement principal du
 “ Soleil. »

44. — Fin qui H. Martin. Ma contro questa elaborata spiegazione si elevano insupe-
 rabili difficoltà. In primo luogo chi potrà ammettere, che l'operazione del togliere al Sole
 la sua piccola anomalia di periodo annuale, si possa esprimere dicendo che il Sole è messo
en repos d'une certaine façon? Del moversi infiniti sono i modi: *un solo è il modo di ripo-*
sare e di essere immobile. Quando Eraclide dice di supporre fermo il Sole, bisogna credere
 lo supponga fermo in modo tale, da non lasciarlo muovere nè in questo, nè in quel modo.
 La ripetizione della particella $\pi\omega\varsigma$ dopo il $\mu\acute{\epsilon}\nu\omicron\nu\omicron\varsigma$ è un pleonasmo aggiunto per arroton-
 dare la frase, e darle maggior efficacia; così l'hanno intesa il Wyttenbach, il Boeckh ed
 il Bergk, i quali si son contentati di fermare il Sole assolutamente e semplicemente, e così
 dobbiamo fare anche noi.

In secondo luogo pare una singolar contraddizione, che del Sole, il quale percorre un
 vasto circolo nell'ipotesi del Martin, si dica che sta *in riposo*, mentre della Terra, che ne
 percorre uno tanto più piccolo (24 volte più piccolo calcolando su i dati d'Ipparco), si
 dice che *si muove*.

Una terza difficoltà sta in questo, che secondo la detta ipotesi non solamente il Sole, ma anche la Terra circolano intorno al centro dell'Universo, dove *nulla esiste*. Nulla al centro dell'Universo! Era la più grande assurdità che in quel tempo potesse concepirsi dalla mente di un fisico; nè, per quanto mi è noto, alcuno mai la propose dei filosofi e cosmologi antichi, nè prima di Eraclide, nè poi. V'ha di più: all'epoca d'Eraclide nessuno era giunto al concetto di far girare un astro qualunque (e la Terra meno ancora) intorno ad un punto geometrico privo di naturale contrassegno; tale concetto doveva da un fisico esser riputato impossibile, e non se ne trova infatti nè allora, nè prima alcun vestigio, per quanto mi è noto. Come già si ebbe occasione di accennare, il moto negli eccentrici e negli epicicli considerati come pura forma astratta d'ipotesi geometrica non fu inventato che più tardi, e non se ne trova menzione prima di Apollonio.

Da ultimo si permetta ad un matematico di osservare, che l'ipotesi attribuita dal Martin ad Eraclide, come capace di salvare l'anomalia periodica *annuale* del Sole, non può raggiungere questo effetto in alcun modo. Infatti è agevole persuadersi, che in tale ipotesi il periodo della restituzione d'anomalia, invece che d'un anno, è di soli sei mesi; che le stagioni non saranno già tutte disuguali fra loro, quali le avevano osservate Eutemone e Callippo (68); ma che l'estate sarà sempre eguale in durata all'inverno, e l'autunno alla primavera.

45. — Per tutte queste ragioni essendo impossibile accogliere le idee proposte dal Martin, vediamo almeno se si possa salvare la parte accettabile delle medesime; vediamo cioè se, ravvisando sempre nella *περὶ τὸν ἥλιον ἀνωμαλία* l'irregolarità del corso solare scoperta da Eutemone, sia possibile conservare alle parole di Eraclide Pontico un senso ragionevole. Abbiamo mostrato che colle parole *τοῦ ἡλίου μένοιτος* Eraclide non ha potuto intendere altro che la quiete assoluta del Sole, escludendo qualsiasi specie di moto. Posta questa base inconcussa e supposto che nella Terra si debba ammettere, come è detto chiaramente, un qualche moto; questo dovrà soddisfare alle condizioni universalmente ammesse in tutte le ipotesi astronomiche dell'antichità fino a Tolomeo; cioè non potrà essere altro che un moto circolare uniforme, od un composto di moti circolari uniformi. Con un moto circolare uniforme si spiegherebbe il corso uniforme annuo del Sole lungo lo zodiaco, quale lo ammetteva ancora Eudosso, e molto probabilmente anche Platone; ma nulla si spiegherebbe dell'anomalia. Siamo dunque costretti a supporre, o che il moto della Terra si faccia uniformemente sopra un circolo eccentrico rispetto al Sole, oppure dobbiamo ricorrere ad un epiciclo, adottando così una delle due ipotesi studiate da Ipparco; colla differenza però, che nel caso presente le parti sono rovesciate, il Sole essendo supposto fisso, e la Terra girante intorno ad esso nell'eccentro o nell'epiciclo. Ora questa che cos'altro sarebbe se non la base fondamentale dell'ipotesi copernicana? La quale dunque anche in questo modo dovremmo trovare nelle parole di Eraclide. Non è tuttavia a dissimulare, che contro l'ipotesi così ottenuta, sorge la consueta difficoltà di attribuire ad Eraclide il concetto della circolazione degli astri intorno a punti ideali; difficoltà che a me pare gravissima (§§ 3, 10). Che se ad alcuno tale difficoltà non sembrasse insuperabile, per lui la conclusione ultima finirebbe coll'essere la medesima, a cui si arriva nella presente Memoria, per via molto diversa.

46. — Considerando infatti, essere incertissimo che Eraclide Pontico conoscesse ed approvasse la piccola anomalia del corso solare, eviteremo tutte le precedenti difficoltà e

(68) I particolari concernenti le durate delle stagioni secondo Eutemone e Callippo possono ve-

dersi nelle mie *Sfere omocentriche d'Eudosso*, ecc., p. 46.

contraddizioni notando che il discorso immediatamente precedente di Gemino versa sui pianeti, e forse ancora un'allusione ai medesimi è contenuta nell'enigmatico *παρελθών τις* (69); onde risulta naturale che ai pianeti pare debba riferirsi l'estratto, che subito vien dopo, di Eraclide Pontico. Per noi dunque l'*anomia relativa al Sole*, *περὶ τὸν ἥλιον ἀνωμαλία*, a cui qui si accenna, è quella che Tolomeo ed Ipparco nell'*Almagesto* sogliono denominare talvolta *ἡ πρὸς τὸν ἥλιον ἀνωμαλία*, tal'altra *ἡ παρὰ τὸν ἥλιον ἀνωμαλία* (70); cioè quella grande ineguaglianza dei moti planetari apparenti, che sola era conosciuta ai tempi di Eraclide Pontico, e che si manifesta principalmente colle stagioni e colle retrogradazioni. Questa anomalia si produce simmetricamente nelle identiche distanze di un pianeta dal Sole, a destra e a sinistra di esso; onde l'espressione *περὶ τὸν ἥλιον* si trova perfettamente giustificata, mentre Ipparco e Tolomeo, considerando la relazione di essa col Sole in modo più generale, preferirono di dire *παρὰ τὸν ἥλιον* o *πρὸς τὸν ἥλιον*. — Ne concludiamo, che già ai tempi di Alessandro Macedone, se non forse qualche anno prima, la possibilità di spiegare le ambagi dei movimenti planetari per mezzo del moto della Terra intorno al Sole supposto fisso era già conosciuta da quel medesimo Eraclide Pontico, che ammetteva la rotazione diurna della Terra, ed il moto eliocentrico di Mercurio e di Venere; e forse fu da lui non solo conosciuta, ma anche da lui stesso scoperta. In tal modo le tre opinioni a lui attribuite, della rotazione della Terra, del moto di Mercurio e di Venere intorno al Sole, e della possibilità di spiegare le anomalie planetarie col moto eliocentrico della Terra, non apparirebbero più come isolate, ma si presenterebbero come parti integranti ed armoniche di un medesimo sistema; la cui invenzione basterebbe a classificare Eraclide Pontico fra i più grandi e più conseguenti pensatori di tutti i tempi e di tutti i paesi.

47. — L'unica difficoltà che qui alcuno potrebbe opporre consiste in questo: che i pianeti non sono nominati esplicitamente nelle parole attribuite ad Eraclide. Su tale riguardo bisogna osservare il modo speciale con cui egli introduce in scena il moto della Terra, e la quiete del Sole. Egli dice *ὅτι καὶ κινουμένης πως τῆς γῆς, τοῦ δ' ἡλίου μένοντός πως κ. τ. λ. ... che ANCHE facendo muovere la Terra in un certo modo ...* Dove per spiegare l'addizione della parola *anche* bisogna supporre, che nel discorso antecedente Eraclide avesse già parlato di un *altro* modo di spiegare il medesimo fenomeno (era probabilmente il modo di Eudosso). La natura di questo fenomeno doveva quindi già chiaramente risultare dal discorso anteriore; e non era necessario ad Eraclide dirne più di quanto ha detto. La nostra disgrazia è, che Gemino sia stato così parco nella sua citazione, e non ci abbia posto innanzi tanta parte del discorso di Eraclide, quanta occorre al nostro bisogno. Ma certamente egli credette aver provveduto abbastanza alla chiarezza del discorso col nominare i pianeti nella linea che immediatamente precede la citazione da lui fatta d'Eraclide Pontico; mentre tre altre linee più sopra accenna per conto proprio all'anomia loro, indicando che se ne può render ragione cogli eccentrici e cogli epicieli, ed aggiunge, che di tutte le ipotesi capaci di spiegarla bisogna tener conto, anche di quella riferita da Eraclide. Veggasi tutto il discorso nel suo complesso, quale testualmente è riferito nella Appendice al fine di questa Memoria. — Del resto è palese, che l'obbiezione indicata non avrebbe più ragione di essere, quando realmente nella frase enigmatica *παρελθών τις* si

(69) Vedi l'ultima variante nel § 40.

(70) Pel primo modo di designazione (*πρὸς τὸν ἥλιον*) vedi *Almag.* IX, 2 e X, 6. (HALMA, Vol. II, p. 117, 118, 211). Pel secondo modo (*παρὰ τὸν ἥλιον*)

vedi *Almag.* XII, 1. (HALMA, II, p. 312 e 313). In un altro luogo si ha invece l'uno e l'altro modo combinati insieme: *παρὰ τοὺς πρὸς τὸν ἥλιον σχηματισμούς*; *Almag.* IV, 5. (HALMA, II, p. 156).

contenesse un'allusione ai pianeti, e si avesse a leggere invece *περὶ τούτων* o alcuna cosa di simile, siccome è stato indicato nel § 40.

48. — Dopo tutta questa discussione non mi sembra più possibile dubitare, che nelle parole di Eraclide sia contenuta l'idea fondamentale di Copernico, e questa non solo, ma anche la ragione per cui essa potè presentarsi come plausibile a quegli antichi pensatori; la facilità cioè con cui essa dà conto della principale anomalia dei movimenti planetari. Perchè poi Eraclide l'abbia considerata soltanto come plausibile e non abbia voluto adottarla definitivamente, a noi non è più possibile di sapere, in tanta povertà di notizie su tutto quello che lo riguarda. Una questione tuttavia non sarà inutile esaminare alla luce delle nuove nozioni acquistate. Eraclide poneva il Sole nel centro dei movimenti di Mercurio e di Venere; aveva egli esteso o no tale teoria ai pianeti superiori?

Di tal questione si è occupato F. HULTSCH in una sua recente Memoria sulle idee astronomiche di Eraclide Pontico (71), e l'ha risolta negativamente, esprimendo l'opinione che per Eraclide centro del moto dei pianeti superiori fosse ancora, come per Platone, la Terra. Egli appoggia tale opinione dicendo, che in quel tempo già per Marte (a non parlare di Giove e di Saturno) dovea esser molto difficile agli astronomi greci l'avvedersi che la sua circolazione si fa, non intorno alla Terra, ma intorno al Sole. Ma su questo punto abbiamo la positiva attestazione di Eudemo, trasmessaci da Simplicio (72), da cui appare, che appunto le grandi variazioni della distanza di Marte dalla Terra, dedotte dalle variazioni del suo splendore apparente, costituivano già in quel tempo un argomento riputato invincibile contro il sistema delle sfere omocentriche.

49. — Del resto, non solamente le variazioni delle distanze dei pianeti si trattava di spiegare; c'era anche l'anomalia principale, ἡ περὶ τὸν ἥλιον ἀνωμαλία, di cui Eraclide Pontico ben conosceva l'esistenza e sapeva potersi render conto colla costruzione che oggi si chiama sistema di Copernico. Ora a questa cognizione non si potè arrivare in quel tempo se non passando per l'altra costruzione, che oggi chiamiamo sistema di Ticone; dove il Sole, pur aggirandosi intorno alla Terra, è tuttavia centro di tutte e cinque le orbite dei minori pianeti. Eraclide pertanto non poteva ignorare che anche quest'altra costruzione bastava a spiegare la *περὶ τὸν ἥλιον ἀνωμαλία*. Non pare credibile, che essendo in possesso di questa nozione, ne respingesse volontariamente l'applicazione ai pianeti superiori, limitandosi a riconoscerla per i due inferiori; e si contentasse, per i superiori, dello schema informe di Platone. Io credo anzi probabile che il sistema di Eraclide Pontico fosse semplicemente quello di Ticone; anzi più perfetto che quello di Ticone in ciò, che Eraclide ammetteva la rotazione della Terra, mentre Ticone la respingeva.

50. — La sola obiezione che si possa fare a tal modo di vedere è, che degli scrittori, i quali ci hanno trasmesso qualche cenno del sistema di Eraclide (73) nessuno fa parola della applicazione del moto eliocentrico ai pianeti superiori; anzi Calcidio parla soltanto di Venere,

(71) F. HULTSCH, *Das astronomische System des Herakleides von Pontos*, Neue Jahrbücher für Philologie, etc., 1896, Parte I, p. 306.

(72) Vedi *Sfere omocentriche d'Eudosso*, Appendice II, § 14.

(73) Questi scrittori sono: VITRUVIO, *De Architectura*, IX, 4; TEONE SMIRNEO, *De Astronomia*, ed. Martin, p. 296 e 297; MACROBIO, *Comm. in Somn. Scip.* I, 19; MARZIANO CAPELLA, *De nuptiis Philol.*

et Mercurii, lib. VIII; CALCIDIO, *Comm. in Timaeum Platonis*, c. 109. Inoltre in un passo di PLUTARCO, *De animae procreatione in Timaeo*, c. 32, si mettono il Sole, Mercurio e Venere alla medesima distanza dalla Terra; nel che potrebbesi forse scorgere un'allusione al sistema d'Eraclide Pontico. Una più tardiva allusione si trova presso BEDA, *Elem. Philos.* nelle opere di questo scrittore stampate a Colonia, 1612, Vol. II, p. 216.

e tace di Mercurio. Io farò osservare che nel sistema ticonico le orbite dei pianeti superiori avvuluppano la Terra come in qualsiasi altro sistema geocentrico. Che poi i cerchi da loro descritti fossero eccentrici, era una nozione già troppo speciale perchè scrittori di quel genere avessero a farsene carico. Il solo Adrasto avrebbe potuto trovar opportuno di esporre le cose con qualche precisione. Ed infatti egli non tace dell'ipotesi degli eccentrici mobili, che i pianeti superiori descrivono nel sistema ticonico; soltanto lo fa in modo confuso e disordinato e sembra che egli stesso non ne avesse notizia precisa e completa. Inoltre il suo compendio di astronomia non ci pervenne intiero, ma in molti luoghi mutilato da Teone Smirneo. Ambidue poi,Adraste e Teone, potevano avere le loro buone ragioni per non far conto alcuno delle ipotesi eraclidee circa i pianeti superiori. L'uno e l'altro erano fautori dell'ipotesi delle sfere cave concentriche all'universo, portanti nella loro grossezza una sferetta solida destinata a funzionare come epiciclo. Ora se per i due pianeti inferiori il sistema ticonico può adattarsi benissimo all'ipotesi suddetta, come Teone dimostra sulla falsariga di Adrasto (74); lo stesso non si può dire dei tre superiori, per i quali tale adattamento è impossibile. Infatti nel sistema ticonico possono due pianeti diversi arrivare alla medesima distanza dalla Terra; e ciò può avvenire per Marte e per Venere, per Marte e per Mercurio, per Marte e pel Sole. Da ciò segue, che la sfera cava, in cui secondo Teone ed Adrasto son contenuti i globi (od epicicli) del Sole, di Mercurio e di Venere, parzialmente viene a compenetrarsi con la sfera cava di Marte. Questa impossibilità di adattare l'ipotesi di Eraclide Pontico alla teoria delle sfere solide fu probabilmente uno degli ostacoli, che già di buon'ora soffocarono l'idea di desumere dagli eccentrici mobili centrati sul Sole la spiegazione delle anomalie per i pianeti superiori.

VII.

IL SISTEMA PLANETARIO ELIOCENTRICO CONSIDERATO COME IPOTESI FISICA PROBABILE.

51. — Eraclide Pontico sembra finisse la sua carriera press' a poco nel tempo medesimo che Aristotele, ad ogni modo intorno al 320. L'indipendenza e l'originalità delle sue opinioni, che gli avevano procurato il titolo di *παράδοξολόγος* (75) non erano proprie ad assicurargli gran credito presso le due scuole dominanti allora in Grecia, quella dei Platonici e dei Peripatetici; il Pitagorismo, come scuola filosofica, si andava riducendo al nulla (76). Eraclide stesso non potè o non volle essere caposcuola; di lui non si sa che lasciasse alcun

(74) *Astronomia*, ed. MARTIN, pp. 296-299.

(75) Vedi Diogene Laerzio nella vita d'Eraclide. Di questi *paradossi* abbiamo avuto un saggio sufficiente per giudicare delle calunnie, che su di lui furono a gara accumulate. Uno spirito così indipendente, che non consentiva di arrolarsi sotto nessuna delle bandiere filosofiche allora più corteggiate, poteva facilmente dare argomento ad ogni specie di aneddoti burleschi, specialmente poi se, come sembra, fosse inclinato verso tutto ciò che a lui si presentava d'insolito e di meraviglioso. Noi dobbiamo attenerci, per quanto concerne il valore scientifico di

Eraclide, a quel poco che ne danno Simplicio, Proclo, Calcidio, Plutarco e i doxografi; e lasciar da parte le dicerie dei grammatici. Non è possibile che Platone si compiacesse della società di un mattoide, quale alcuno vorrebbe farci credere fosse Eraclide; e che affidasse ad un tal uomo la direzione della scuola durante uno dei suoi viaggi in Sicilia, secondo che narra Suida. Un giudizio autorevole e ben ponderato su d'Eraclide si può vedere presso Боечки, *Kosm. Syst. des Platon*, p. 129-131.

(76) Vedi più sopra le note (37) e (39).

discepolo, o almeno alcun rappresentante delle sue dottrine (77). Queste adunque non vissero che ne' suoi libri, i quali tutti senza eccezione andarono perduti. Non è certo neppure che egli facesse una esposizione accurata, e confortata da prove geometriche, delle ipotesi cosmiche da lui approvate, od anche solamente riconosciute come possibili. E sembra che soltanto mezzo secolo più tardi di queste ipotesi cominciasse ad occuparsi il gran matematico ed astronomo Aristarco di Samo, la cui vita possiamo collocare approssimativamente fra gli anni 310 e 240.

52. — Archimede attesta nell'*Arenario*, che Aristarco *τινῶν υποθεσιῶν ἐξέδωκεν γράφας*, pubblicò la descrizione di certe ipotesi. In queste ipotesi, dal poco che Archimede ne dice, è impossibile non ravvisare il sistema di Copernico. La parola *γραφή* qui usata sembra significare non solo una descrizione a parole, ma includere anche l'idea di *disegni esplicativi* (78). Difatti se Aristarco ha dato, come è indubitabile, una dimostrazione geometrica di quelle ipotesi, ed ha intrapreso di provare che esse erano atte a spiegare i fenomeni; egli non ha potuto far a meno di analizzare tutti i gradi, che dai fatti osservati conducono al risultato definitivo da lui ottenuto, cioè al sistema planetario eliocentrico. Perciò non dovettero essergli ignote le costruzioni di Eraclide Pontico, sia che ad esse ci pervenisse coll'intuizione del genio; sia, com'è più probabile, ne avesse notizia dalle opere, allora recenti e celebrate, di Eraclide stesso. Nè dovettero essergli sconosciuti i ragionamenti, per cui alle idee di Eraclide si era condotti dallo studio accurato del movimento dei pianeti. La connessione che esiste fra il moto così semplice dei pianeti rispetto al Sole e il moto più complicato dei medesimi rispetto alla Terra; il modo, con cui da entrambi derivavano le apparenze osservate: tutto questo doveva esser dimostrato da Aristarco, e ciò si poteva far ottimamente col mezzo di disegni accurati, in cui fossero serbate le proporzioni nelle grandezze delle orbite, e nella loro reciproca collocazione (79). Nè solo le proporzioni e le giaciture; ma anche la grandezza del tutto egli era in grado di assegnare ponendo a fondamento le distanze della Luna e del Sole da lui precedentemente studiate.

53. — Pur troppo di questa opera, che per la storia scientifica sarebbe d'un valore inestimabile, non è restata che la menzione fattane da Archimede, come si disse poc'anzi; a cui sono da aggiungere i brevi cenni, che delle ipotesi in essa opera contenute ha lasciato Archimede stesso, e gli altri cenni ancora più brevi di alcuni antichi scrittori. Tutto questo è noto, e non occorre ripetere qui come Aristarco si rendesse esatta ragione delle conseguenze del suo sistema e delle obiezioni che gli si potevano muovere (80). Stando alle parole di Archimede, Aristarco avrebbe supposto l'orbita della Terra non soltanto circolare, ma ancora esattamente centrata sul Sole: *τὰν δὲ γὰρ περιφέρεισθαι περὶ τὸν ἄλιον κατὰ κύκλον περιφέρειαν, ὅς ἐστιν ἐν μέσῳ τῷ δρόμῳ κείμενος...* Ne potremmo con qualche verisimiglianza inferire, che Aristarco, al pari di Eudosso, non includesse nelle sue ipotesi l'anomalia del corso solare scoperta da Eutemone e confermata da Callippo. Questa conclusione,

(77) DESWERT, *Diss. de Heraclide Pontico*, p. 15.

(78) In questa idea mi è gradito trovarmi d'accordo con F. HULTSCH. Vedi la sua notizia su Aristarco nel *Realwörterbuch* di Pauly-Wissowa. Adotto la lezione data nell'eccellente edizione di Archimede nuovamente pubblicata da HEIBERG.

(79) È noto che nei sistemi di Copernico e di Ticone la proporzione delle grandezze delle orbite e delle distanze dei corpi planetari risultano deter-

minati dalla costruzione loro: così che data una di tali grandezze e di tali distanze, tutto è conosciuto. Nel sistema degli epicicli le dimensioni e le distanze di un pianeta sono indipendenti da quelle degli altri, e quindi le proporzioni dell'intero sistema rimangono indeterminate.

(80) Vedi su ciò i miei *Precursori di Copernico*, capo IV, e Documenti XXXVIII-XLII.

se vera, ci darebbe anche un argomento di più per credere, che di essa non si curasse neppure Eraclide Pontico (81). Ma di ciò sia quello che si vuole.

54. — Un'altra cosa sarà anche opportuno notare; ed è che Aristarco ha potuto arrivare al suo concetto eliocentrico senza mai dipartirsi dai principi fisici allora ritenuti come plausibili in questa materia, e senza introdurre nel cielo alcuna circolazione intorno a punti ideali e privi di fisico contrassegno, come fecero più tardi gli astronomi matematici da Apollonio in avanti. Ma Aristarco non era solo un matematico, egli altresì aveva atteso alla parte fisica di tali questioni, frequentando le lezioni di Stratone Lampsaceno, cui fu dato il nome speciale di *fisico*, perchè della fisica faceva la base principale del suo insegnamento (82).

Tale ripugnanza ad ammettere circolazioni dei corpi celesti intorno a punti ideali fu una delle cause che accelerarono l'avvento dell'idea copernicana. Infatti, posta una volta la condizione impreteribile che un astro non potesse circolare che intorno alla Terra, od intorno ad un altro astro, due ipotesi soltanto rimanevano capaci di soddisfare all'anomalia dei pianeti con movimenti circolari ed uniformi; e sono l'ipotesi ticonica per chi vuol fissa la Terra, e l'ipotesi copernicana, se si consente alla Terra di muoversi come un astro qualsiasi. Perciò arriviamo a questa conseguenza singolare, ma pur vera: che se i matematici greci, colle loro forme astratte di movimento per eccentri ed epicicli intorno a punti ideali non fossero intervenuti nella questione e l'avessero lasciata alla pura speculazione dei fisici, i Greci non avrebbero avuto da scegliere, che fra l'ipotesi di Ticone e quella di Copernico, o se si vuole, fra quella di Eraclide e quella di Aristarco; e quindi forse più presto sarebbero giunti alla verità. L'introduzione degli eccentri e degli epicicli centrati su punti ideali non giovò ad altro sulle prime, che a soffocare appena nate le vere idee sulla struttura dell'Universo. Gli epicicli d'Apollonio e dei suoi successori si adattavano troppo bene a conciliare i fenomeni coi pregiudizi correnti nelle scuole, e della libertà che ne derivava fu fatto largo uso a danno della verità. Cessa così la meraviglia, che in noi destava il fenomeno in apparenza inesplicabile del regresso avvenuto dopo Aristarco nelle idee dei Greci sul sistema del mondo. Le idee di Aristarco vissero ancora per qualche tempo in discepoli d'ignoto nome; e quantunque il suo nome fosse in tutta l'antichità celebratissimo, le sue dottrine furono ricordate soltanto come opinioni bizzarre e singolari, facili ad essere confutate con argomenti allora in apparenza invincibili, e di cui soltanto diciannove secoli dopo si cominciò ad apprezzare giustamente la totale insufficienza.

VIII.

RIASSUNTO DELLE CONCLUSIONI PRINCIPALI.

55. — I risultati ottenuti nei capitoli che precedono si possono ordinatamente e brevemente riassumere nel modo che segue:

I. — Nelle più antiche loro costruzioni del sistema cosmico, i Greci partirono dall'idea che tutte le circolazioni dei corpi celesti dovessero farsi simmetricamente intorno

(81) Queste riflessioni non avrebbero più luogo se con BERGK (*Fünf Abhandlungen*, p. 162) si volesse leggere *ἐν μέσῳ τῷ οὐρανῷ* invece del testo ricevuto *ἐν μέσῳ τῷ δρόμῳ*. Confesso però di

non vedere alcuna necessità di una simil correzione.

(82) ZELLER, *Philosophie der Griechen*, vol. IV (3^a ed.), p. 903-904.

ad un unico centro, coincidente col centro dell' Universo. Tale è il concetto che domina nel sistema di Filolao, nei due schemi esposti da Platone nel X *della Repubblica* e nel *Timeo*, e che forma la base fondamentale delle sfere omocentriche di Eudosso.

II. — L'idea d'introdurre una circolazione parziale di alcuni astri intorno ad un centro diverso da quello del mondo non fu prodotto di speculazione teoretica, ma fu risultato diretto dell'osservazione. Lo studio dei movimenti di Mercurio e di Venere, e delle variazioni del loro splendore apparente condusse Eraclide Pontico a porre nel Sole, e non nella Terra, il centro delle loro orbite. Con questo egli ottenne non solo il modo di rappresentare le anomalie del loro corso zodiacale molto più semplicemente ed esattamente, che Eudosso non fosse riuscito di fare colle sfere omocentriche; ma giunse fino ad un certo punto a spiegare le variazioni nella loro distanza. Questa fu la prima forma, sotto cui fu concepita l'ipotesi del moto di un astro su di un *epiciclo* mosso alla sua volta sopra di un deferente concentrico colla Terra.

III. — Le grandi variazioni dello splendore apparente di Marte erano state in ogni tempo una grande difficoltà ad ammettere, che nella Terra fosse il centro della sua circolazione. Nè di queste variazioni, nè delle anomalie del corso zodiacale di Marte Eudosso aveva potuto dare una spiegazione anche soltanto approssimata. L'esame delle osservazioni di questo pianeta fece vedere, che se esso descriveva un circolo, questo non poteva esser centrato sulla Terra; ma doveva aver il centro in qualche punto della linea che dalla Terra passa per il Sole. Esclusa l'idea (che dovette allora sembrare, ed era infatti assurda) di far centro dell'orbe di Marte un punto ideale privo d'ogni fisica entità, si vide che questo centro non poteva essere altrove, che nel Sole, come già nel Sole era il centro delle orbite di Mercurio e di Venere. Così nacque l'idea di far muovere l'astro su di un eccentro mobile, di cui il centro, collocato ad ogni momento nel Sole, descriveva con questo intorno alla Terra una rivoluzione nello spazio di un anno.

IV. — L'ipotesi dell'eccentro mobile studiata nei suoi effetti, mostrò di corrispondere bene alle osservazioni non solo di Marte, ma anche di Giove e di Saturno. Anche a questi fu dato il Sole per centro dei movimenti. Così mentre i matematici si applicavano a perfezionare il sistema d'Eudosso, dai fisici fu per la prima volta concepita l'idea di porre il centro comune delle orbite dei cinque pianeti minori nel Sole, la Terra rimanendo centro dell' Universo, della rivoluzione mensile della Luna, e della rivoluzione annua del Sole stesso; e si arrivò allo schema oggi detto di Ticone. Eraclide Pontico vi aggiunse di proprio la rotazione della Terra intorno al suo asse.

V. — Da questa fase delle deduzioni era ovvio arrivare all'idea copernicana, attribuendo la quiete al Sole ed ai centri delle orbite planetarie, e la circolazione annua alla Terra. Tale passo definitivo si compì ancora durante la vita di Eraclide Pontico, il quale ce ne ha conservato memoria; e forse fu compiuto da Eraclide stesso. — Ma per ragioni che ora non siamo più in grado di apprezzare, Eraclide non adottò questo modo di vedere; e lo considerò soltanto come un'ipotesi teoretica, capace di dare una spiegazione sufficiente delle anomalie planetarie, ed equivalente a quella, che si poteva dedurre dalla sua ipotesi propria.

VI. — Ad Aristarco di Samo si deve il vanto, non solo di aver riconosciuto l'eccellenza del concetto copernicano, ma ancora di averlo adottato come ipotesi sua propria; e di averne pubblicata la spiegazione e le dimostrazioni in iscritti espressamente consacrati a questo argomento. Anch'egli, come Eraclide, ha dovuto esser condotto al sistema eliocentrico del mondo dalla necessità di porre nel centro delle orbite celesti, non già punti

ideali e vuoti d'ogni entità fisica (come si fece più tardi), ma i corpi allora considerati come i più importanti dell'Universo, quali la Terra (centro alla rivoluzione della Luna), ed il Sole (centro alla rivoluzione della Terra e dei cinque pianeti). Le orbite da lui adottate erano tutte circoli concentrici al Sole, punto centrale dell'Universo; ad eccezione di un solo epiciclo, descritto dalla Luna intorno alla Terra e con essa aggirantesi di moto annuo intorno al Sole.

VII. — La difficoltà di far prevalere nell'opinione universale la mobilità della Terra, contro i dogmi ritenuti per indiscutibili dai Platonici, dai Peripatetici, e poco dopo anche dagli Stoici, non permise che le idee di Eraclide e di Aristarco portassero i loro frutti. Quando i matematici finirono per convincersi, che le ipotesi d'Eudosso e di Calippo erano insufficienti a salvare i fenomeni, si diedero ad escogitare nuove ipotesi, che non contradicessero ai placiti delle scuole dominanti. A tal fine essi abbandonarono il principio, tenuto fermo fin allora, che ogni circolazione di un astro dovesse farsi intorno alla Terra, od almeno intorno ad un altro astro. Profittando dell'idea del moto epiciclico, applicata già da Eraclide ai pianeti inferiori, e dell'altra idea dell'eccentro mobile, assegnato da Eraclide ai pianeti superiori, essi dimostrarono che si potevano rappresentare le apparenze di tutti e cinque i pianeti colla sola ipotesi degli epicicli, purchè si abbandonasse la condizione che il centro dell'epiciclo fosse designato in natura da un segno qualunque visibile; e così riuscirono al sistema degli epicicli mossi su deferenti concentrici alla Terra, che fu poi generalmente adottato fino ad Ipparco, e ancora da altri dopo di lui. Questo sistema aveva il grande vantaggio di prestarsi bene a rappresentare i movimenti celesti per mezzo di sfere solide, surrogatesi poco a poco alle sfere d'Eudosso nelle scuole, specialmente dei Peripatetici. Aveva inoltre il pregio di introdurre una certa uniformità nelle ipotesi di tutti e sette gli astri erranti, non escludendo la Luna ed il Sole. Il metterli tutti e sette nella medesima categoria importava moltissimo in un tempo, in cui cominciava a farsi sentire nell'astronomia l'influsso dell'astrologia matematica, portata in occidente da Beroso Caldeo, e coltivata poi con zelo dagli Stoici e dai Neopitagorici. È facile comprendere infatti, come le ipotesi di Eraclide, e ancora più quelle di Aristarco, dovessero riuscire incommode in una dottrina, fondata essenzialmente sulla immobilità della Terra al centro del mondo, al servizio della quale eran destinati tutti gl'influssi dei sette pianeti, oltre a quelli delle stelle fisse. Caratteristiche a questo riguardo sono le espressioni di Dercillide Platonico, il quale presso Teone Smirneo (83) dichiara degni di maledizione tutti quelli che mettono in quiete il cielo ed in moto la Terra, *perchè essi sconvolgono i principi dell'astrologia*.

VIII. — Gli eccentri mobili di Eraclide anch'essi furon considerati come una forma d'ipotesi, con cui si poteva rappresentare il moto dei pianeti superiori; e presto si vide, essere geometricamente equivalente all'ipotesi epiciclica. Tale identità era già nota ad Apollonio di Perga un secolo circa dopo Eraclide, e cinquant'anni dopo Aristarco. Gli eccentri di Apollonio avevano ancora la stessa forma e disposizione, che quelli d'Eraclide Pontico, e sebbene non fossero più necessariamente centrati sul Sole, obbedivano però ancora alla condizione di mantenere costantemente il loro centro sulla linea condotta dalla Terra pel Sole alla sfera celeste. Quindi ei considerava la loro applicazione come limitata ai soli pianeti superiori, per i quali infatti erano stati immaginati da Eraclide, o da qual-

(83) THEONIS SMYRNÆI, *Astronomia*, ed. Martin, p. 328.

che suo contemporaneo. Ma questa limitazione fu causa, che l'ipotesi degli eccentri mobili venisse presto abbandonata, anche per la minore facilità, con cui essa si prestava a rendere intuitivamente perspicua la dimostrazione dei fenomeni. Un'altra ragione di abbandonarli fu l'impossibilità di adattarli al sistema delle sfere solide, al quale servivano invece benissimo gli epicicli.

IX. -- Tutto questo svolgimento teoretico ebbe per scopo di rappresentare soltanto la grande anomalia planetaria, quella che produce le stazioni e le retrogradazioni. La necessità d'introdurre anche l'anomalia zodiacale non fu riconosciuta, a quanto pare, prima d'Ipparco. La scoperta dell'anomalia zodiacale fu forse anche una delle cause, per cui fu presto abbandonato il concetto d'Aristarco. Finchè le orbite di questo sistema potevano considerarsi come circolari, concentriche, ed uniformemente descritte, la sua semplicità e la sua simmetria dovevano essere un potente argomento in suo favore. Ma questa semplicità e simmetria non si potevano più conservare introducendo l'anomalia zodiacale. Era allora inevitabile d'ammettere in esso moti eccentrici ed epiciclici, simili a quelli di cui più tardi fece uso il Copernico. Così il principio fondamentale rispettato in tutti i primi sistemi cosmici dei Greci, e mantenuto ancora da Aristarco, *di non ammettere nel cielo circolazioni intorno a punti ideali privi di ogni fisica entità*, andava perduto; con esso andavan perdute la simmetria e la semplicità che costituivano il pregio principale del sistema d'Aristarco in un'epoca ancora incapace di risalire al vero principio fisico regolatore di tutti quei movimenti. Poichè dunque da un lato gli eccentri e gli epicicli si imponevano in qualunque modo, ed era forza ammettere nel cielo circolazioni intorno a punti ideali; e poichè d'altra parte era stato trovato dai geometri il mezzo di rappresentare, con questi nuovi ordigni, l'andamento dei fenomeni celesti senza scuotere dal centro la Terra, senza urtare contro i pregiudizi dominanti nelle scuole filosofiche, e senza sconvolgere i principi dell'Astrologia; qual ragione rimaneva di attenersi ancora alle speculazioni, soltanto a mezzo elaborate, di Eraclide Pontico e d'Aristarco?

APPENDICE.

Estratto da SIMPLICIO, *Comm. alla Fisica d'Aristotele*, p. 291-292, ed. DIELS.

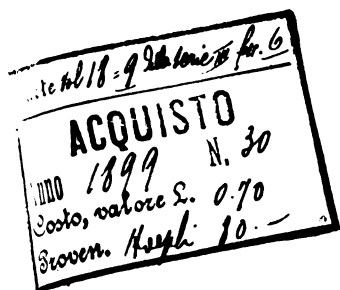
(Per spiegazioni e riferimenti vedi §§ 10, 23, e dal § 36 al 47.)

Ο δὲ Ἀλέξανδρος φιλοπόνως λέξιν τινὰ τοῦ Γεμίνου παρατίθησιν ἐκ τῆς ἐπιτομῆς τῶν Ποσειδωνίου Μετεωρολογικῶν, τῆς ἐξηγήσεως (84) τὰς ἀφορμὰς ἀπὸ Ἀριστοτέλους λαβοῦσαν. ἔχει δὲ ὧδε: « τῆς μὲν φυσικῆς θεωρίας ἐστὶ τὸ σκοπεῖν περὶ τε οὐσίας οὐρανοῦ καὶ ἀστρῶν καὶ δυνάμειος καὶ ποιότητος γενέσεώς τε καὶ φθορᾶς καὶ νῆ Δία τούτων περὶ μεγέθους καὶ σχήματος

(84) Accetto qui senza dubitare la bella emendazione proposta dal DIELS nella sua edizione, vol. I, p. XXXII, e vol. II, p. 1463; per mezzo di cui a questo passo si restituisce il suo vero e naturale significato. L'antica lezione diceva ἐκ τῆς ἐπιτομῆς τῶν Ποσειδωνίου Μετεωρολογικῶν ἐξηγήσεως, τὰς ἀφορμὰς etc.

Ciò che condusse il ΒΟΨΚΗ (*Kosm. Syst. des Platon*, p. 134 e *Vierjährige Sonnenkreise der Alten*, p. 13) alla curiosa supposizione, che Geminio avesse scritto un Commentario alla Meteorologia di Posidonio, e che poi egli stesso avesse fatto un compendio od un estratto di detto commentario.

“ καὶ τάξεως ἀποδεικνύναι δύναται· ἡ δὲ ἀστρολογία περὶ τοιούτου ἔν οὐδενὸς ἐπιχειρεῖ λέγειν,
 “ ἀποδείκνυσιν δὲ τὴν τάξιν τῶν οὐρανίων, κρίσιμον ὄντως ἀποφήνασα τὸν οὐρανόν, περὶ τε
 “ σχημάτων λέγει καὶ μεγεθῶν καὶ ἀποστημάτων γῆς τε καὶ ἡλίου καὶ σελήνης καὶ περὶ ἐκλείψεων
 “ καὶ συνάψεων τῶν ἄστρον, καὶ περὶ τῆς ἐν ταῖς φοραῖς αὐτῶν ποιότητος καὶ ποσότητος. ὅθεν
 “ ἐπειδὴ τῆς περὶ ποσὸν καὶ πηλίκον καὶ ποιὸν κατὰ σχῆμα θεωρίας ἐφάπτεται, εἰκότως
 “ ἀριθμητικῆς τε καὶ γεωμετρίας ἐδεήθη ταύτῃ. καὶ περὶ τούτων, ὧν ὑπισχνεῖτο μόνων λόγον
 “ ἀποδώσειν, δι’ ἀριθμητικῆς τε καὶ γεωμετρίας συμβιβάζειν ἰσχύει. πολλαχοῦ τοίνυν ταυτὸν
 “ κεφάλαιον ἀποδείξει προθίσεται ὅ τε ἀστρολόγος καὶ ὁ φυσικός, οἷον ὅτι μέγας ὁ ἥλιος, ὅτι
 “ σφαιροειδὴς ἡ γῆ, οὐ μὲν κατὰ τὰς αὐτὰς ὁδοὺς βαδιοῦνται. ὁ μὲν γὰρ ἀπὸ τῆς οὐσίας ἢ τῆς
 “ δυνάμεως ἢ τοῦ ἄμεινον οὕτως ἔχειν ἢ ἀπὸ τῆς γενέσεως καὶ μεταβολῆς ἕκαστα ἀποδείξει, ὁ
 “ δὲ ἀπὸ τῶν συμβεβηκότων τοῖς σχήμασιν ἢ μεγέθεσιν ἢ ἀπὸ τῆς ποσότητος τῆς κινήσεως καὶ
 “ τοῦ ἐφαρμόττοντος αὐτῇ χρόνου. καὶ ὁ μὲν φυσικός τῆς αἰτίας πολλαχοῦ ἄψεται εἰς τὴν
 “ ποιητικὴν δύναμιν ἀποβλέπων, ὁ δὲ ἀστρολόγος ὅταν ἀπὸ τῶν ἔξωθεν συμβεβηκότων ἀποδεικνύῃ,
 “ οὐχ ἱκανὸς θεατὴς γίνεται τῆς αἰτίας, οἷον ὅτε σφαιροειδῇ τὴν γῆν ἢ τὰ ἄστρα ἀποδίδωσιν,
 “ ἐνιαχοῦ δὲ οὐδὲ τὴν αἰτίαν λαβεῖν ἐφίεται, ὥς ὅταν περὶ ἐκλείψεως διαλέγεται· ἄλλοτε δὲ
 “ καθ’ ὑπόθεσιν εὐρίσκει τρόπους τινὰς ἀποδιδούς, ὧν ὑπαρχόντων σωθήσεται τὰ φαινόμενα.
 “ οἷον διὰ τί ἀνωμάλως ἥλιος καὶ σελήνη καὶ οἱ πλάνητες φαίνονται κινούμενοι; ὅτι εἰ ὑποθώμεθα
 “ ἐκκέντρους αὐτῶν τοὺς κύκλους ἢ κατ’ ἐπίκυκλον πολούμενα τὰ ἄστρα, σωθήσεται ἡ φαινομένη
 “ ἀνωμαλία αὐτῶν, δεήσει τε ἐπεξελθεῖν, καθ’ ὅσους δυνατὸν τρόπους ταῦτα ἀποτελεῖσθαι τὰ
 “ φαινόμενα, ὥστε εἰκέναι τῇ κατὰ τὸν ἐνδεχόμενον τρόπον αἰτιολογίᾳ τὴν περὶ τῶν πλανωμένων
 “ ἄστρον πραγματείαν. διὸ καὶ παρελθὼν τίς φησιν Ἡρακλείδης ὁ Ποντικός, ὅτι καὶ κινουμένης
 “ πῶς τῆς γῆς, τοῦ δὲ ἡλίου μένοντός πῶς δύναται ἡ περὶ τὸν ἥλιον φαινομένη ἀνωμαλία
 “ σφῆζεσθαι. ὅλως γὰρ οὐκ ἔστιν ἀστρολόγου τὸ γινῶναι, τί ῥεμαῖόν ἐστι τῇ φύσει, καὶ ποῖα τὰ
 “ κινήτῃ, ἀλλὰ ὑποθέσεις εἰσηγούμενος τῶν μὲν μενόντων, τῶν δὲ κινουμένων, σκοπεῖ τίσιν ὑποθέ-
 “ σεσιν ἀκολουθήσει τὰ κατὰ τὸν οὐρανὸν φαινόμενα. ληπτέον δὲ αὐτῷ ἀρχὰς παρὰ τοῦ φυσικοῦ,
 “ ἀπλᾶς εἶναι καὶ ὁμαλὰς καὶ τεταγμένας κινήσεις τῶν ἄστρον, δι’ ὧν ἀποδείξει ἐγκύκλιον οὐσαν
 “ τὴν χορείαν ἀπάντων, τῶν μὲν κατὰ παραλλήλους, τῶν δὲ κατὰ λοξοὺς κύκλους εἰλουμένων. ἢ
 “ οὕτως μὲν οὖν καὶ ὁ Γέμινος ἦτοι ὁ παρὰ τῷ Γεμίνῳ Ποσειδώνιος τὴν διαφορὰν τῆς τε φυσιο-
 “ λογίας καὶ τῆς ἀστρολογίας παραδίδωσιν ἀπὸ τοῦ Ἀριστοτέλους τὰς ἀφορμὰς λαβὼν.



101

SULLA
SACCARIFICAZIONE DELL' AMIDO
NELLO STOMACO DIGERENTE.

MEMORIA
del M. E. Professore EUSEBIO OEHL



letta nella seduta del 17 novembre 1898.

È noto che l'amido in presenza di un fermento diastatico della saliva si trasforma con relativa prontezza in una delle diverse specie di zucchero, che è il glucosio, molto analogo allo zucchero d'uva.

Mescendo parti eguali di amido e di saliva, ed aggiungendo qualche goccia di reattivo di Fehling, si può subito constatare, anche senza previa digestione a riscaldato bagno maria, l'avvenimento della reazione al glucosio, che si estrinseca nell'ingiallimento dell'azzurro miscuglio riscaldato alla fiamma fin quasi all'ebollizione, con successiva deposizione di un sedimento giallo-fulvo, con decoloramento del liquido sovrastante o con ritorno di esso ad un colore azzurro meno intenso in presenza di eccedente reattivo. Il quale ove molto ecceda in confronto del formatosi glucosio, può dar luogo al giallo-verde anzichè al giallo, per mescolanza del giallo derivante dalla trasformazione di una parte del reagente con l'azzurro di altra parte non trasformata del medesimo (1).

Già quindi nella bocca e nell'esofago deve iniziarsi e incedere il processo di saccarificazione dell'amido alimentare come risulta anche dalla esperienza, che dimostra, come

(1) È nota la teorica del reattivo, in presenza del quale lo zucchero agisce riducendo a caldo il solfato di perossido di rame con modificazione verde o gialla, o fulva dell'originario colore azzurro del reagente, a seconda del grado di riduzione, con formazione di un pesante precipitato fulvo di protossido di rame.

Dirò soltanto che il reattivo da me adoperato, sempre di recentissima fattura, fu preparato sulla indicazione di Fehling, sciogliendo gr. 34.639 di solfato di perossido di rame puro cristallizzato e bene asciutto in 200 c.c. di acqua distillata: sciogliendo in altro vaso 173 grammi di tartrato sodico-potassico cristallizzato e purissimo in 450 c.c. di soluzione di soda del peso specifico di 1.14: versando a poco a poco il primo liquido nel secondo e di-

luendo ad 1 litro. È questa la formola di Fehling per tal guisa titolata, che 5 centigrammi di zucchero riducono a protossido tutto il perossido di rame contenuto in 10 c.c. del reagente. Onde però il liquido possa mantenere il suo titolo, dev'essere conservato all'oscuro in vaso smerigliato, paraffinato e sempre pieno, onde possibilmente preservarlo dall'assorbimento di CO_2 , che lascia luogo a precipitazione di protossido di rame anche riscaldando il liquido solo. Per la facilità con cui si decompone è bene prepararlo in piccolo, e in ogni caso prima di adoperarlo come titolo, è bene farne bollire 10 c.c. in 40 di acqua e non adoperare il miscuglio per la dosatura dello zucchero se non quando avrà cessato di separare da solo del protossido di rame.

introducendo per brevi istanti nella bocca una tenue soluzione di amido, perda essa immediatamente la reazione azzurra al iodio (ioduro d'amido) e presenti invece i primordiali indizi di riduzione del rame.

La saccarificazione dell'amido incominciata quindi nella bocca, deve procedere, favorita dalla più elevata temperatura, per tutto il tempo della masticazione e per tutto il decorso dell'esofago abbondantemente fornito, in tutto il suo tessuto sottomucoso, di microscopiche ghiandole racemose, che danno un secreto analogo al salivare e che si versa nell'esofago per altrettanti condotti escretori, insieme al prodotto di secrezione (probabilmente mucosa) delle ghiandole follicolari immerse nello spessore della stessa mucosa esofagea.

Dal fin qui detto sembrerebbe dover emergere, anche astraendo da altri umori saccarificanti che potesse dare il ventricolo, continuativa in quest'organo la già incoata saccarificazione, per l'abbondante saliva che ha imbevuto il cibo nel suo stanziamento in bocca, nel suo passaggio per l'esofago, non che per la maggiore abbondanza con cui vien secreta e deglutita la stessa saliva nel volgere del pasto.

Eppure, malgrado queste attendibili supposizioni e malgrado la natura prevalentemente amilacea del pasto, può avvenire, che non si ottenga dal contenuto dello stomaco la reazione dello zucchero col reattivo di Fehling.

Brücke afferma al proposito, che anche in seguito a pasto riccamente amilaceo, non trovò zucchero, o solo tracce di esso nello stomaco del cane, in cui una sol volta gli avvenne di trovarlo in quantità considerevole. E mentre dall'una parte esprime il dubbio, che la mancanza o scarsezza dello zucchero possa devolversi alla già avvenuta trasformazione del medesimo in acido lattico, osserva giustamente dall'altra, che una tale trasformazione non potrebbe essere la causa unica di tale mancanza, perchè mescolando al cibo dello zucchero in natura, lo riscontra poi nello stomaco, dal quale non avrebbe ragione di non scomparire per trasformazione lattica, come si supporrebbe avvenisse per lo zucchero amilaceo.

Che se, anzichè alla trasformazione lattica, si volesse attribuire la mancanza o la deficienza dello zucchero amilaceo nello stomaco al già avvenutone assorbimento, non si saprebbe istessamente trovare la ragione per cui fosse assorbito quello formatosi dall'amido nella bocca, nell'esofago ed eventualmente anche nello stomaco e non lo fosse invece quello introdotto come tale col cibo (2).

Per mia parte posso affermare, che l'ottenimento della reazione dello zucchero dal chimo tratto dallo stomaco di cane fistoloso è molto incostante, rispetto alla maggiore costanza con cui l'ho trovato negli erbivori. Anche il chimo cadaverico dell'uomo, in vari casi di morte nel periodo della digestione gastrica, mi ha presentato raramente una spiegata reazione, che nemmeno ebbi da prodotti di lavatura del ventricolo e che più frequentemente invece ho riscontrato nel prodotto del vomito.

Ho anche osservato nel cane, mancante la reazione di Fehling nell'acido chimo recentemente sottratto allo stomaco, reazione che invece avveniva, senza precedenza di neutralizzazione, se al medesimo si aggiungeva una traccia di glucosio; e che pure avveniva nello stesso chimo dopo qualche tempo di suo stanziamento fuori del ventricolo, con diminuzione della sua acidità.

E al proposito giova notare che nella massa chimosa trovavo i corpi amilacei disgregati in granuli, azzurrati od arrossati dal iodio in tanta maggiore abbondanza, quanto più

(2) BRÜCKE. — *Vorlesungen üb. Physiologie*. Wien, 1875, pag. 280.

di amido era stato ricco il pasto, mentre invece a scarsa feculenza del medesimo, questi granuli scarseggiavano più di quello che avrebbero dovuto se la saccarificazione si fosse limitata al solo tempo della masticazione e della deglutizione. Parmi dovrebbe 'ciò significare che la saccarificazione continua nello stomaco, ma che molta parte dell'amido deglutito in abbondanza passa pressochè inalterato al duodeno. Anche Brücke ammette al proposito la possibilità della saccarificazione nel ventricolo, subordinata però ad una tale quantità di saliva che valga a diminuire la soverchia acidità del succo gastrico, in presenza del quale la trasformazione dell'amido invece di estendersi fino all'acrodetrina e allo zucchero, potrebbe arrestarsi allo stadio dell'eritrodetrina. (3)

Egli trova a questo proposito variabili le condizioni dello stomaco, il quale potrebbe contenere molta saliva neutralizzante nel volgere del pasto e appena dopo di esso, mentre invece in periodi posteriori della digestione gastrica potrebbe l'acidità del ventricolo raggiungere tal grado, da impedire la saccarificazione. Per l'esito della quale è da osservarsi essere migliore la neutralità del menstuo, tuttochè si verifichi anche in liquidi debolmente alcalini od acidi.

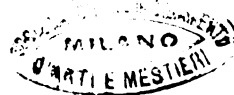
Ora per l'acido idroclorico, che generalmente acidifica il succo gastrico, Brücke avrebbe determinato che la saccarificazione può ancora avere luogo ad un titolo di 0,5 per mille, mentre non avrebbe più luogo ad 1 per mille, e secondo Tiegerstedt a 0,75 per mille (4).

Partendo ora dall'idea che la saccarificazione gastrica dell'amido sia impedita dalla soverchia acidità del chimo, partendo dalla premessa che un'acidificazione idroclorica dell'1 ‰ impedisca la saccarificazione, e partendo finalmente dall'enunciato di Schmidt, che da dieci analisi trasse una media acidità del 3,050, del 1,234 e del 0,217 ‰ rispettivamente pel succo gastrico del cane, della pecora e dell'uomo, ne dovrebbe venire: che esclusa ogni variazione in meno od in più di questo grado d'acidità per l'entrata di molta saliva neutralizzante nel ventricolo, o per la formazione di nuovi acidi (lattico e butirrico) nel medesimo, la saccarificazione, che sarebbe possibile nello stomaco dell'uomo, non lo sarebbe in quello della pecora e molto meno in quello del cane (5). Già l'esperienza contraddice a questa premessa, poichè nella pecora e negli erbivori in genere la reazione dello zucchero si trova molto più spesso, di quello che nelle retroaccennate circostanze io abbia riscontrato nel contenuto dello stomaco umano. Ed induttivamente, parmi, potrebbe anche valere la considerazione, che nell'ordinamento progressivo delle azioni digestive, un grave perturbamento verrebbe a quella che si riferisce alla saccarificazione amilacea, la quale già

(3) Mi sia lecito soggiungere a maggior intelligenza, che ogni ombelicato corpuscolo amilaceo si considera formato da tre diverse sostanze stratificate, che sono: l'assai prevalente granulosa, l'eritrogranulosa, e la cellulosa (azzurra la prima, rossa la seconda, giallastra la terza pel iodio). Tutte queste sostanze sono saccarificabili, specialmente in seguito a trasformazione dell'amido crudo in amidulina mediante bollitura nell'acqua in concorso del 2 ‰ SO_3 ; prolungando la quale o assoggettando l'amidulina all'azione della diastasi, si ha una prima trasformazione in eritrodetrina (arrossante al iodio) con ulteriore passaggio all'acrodetrina (non colorata dal iodio) ed allo zucchero.

(4) TIEGERSTEDT. — *Physiol.* Leipzig, 1897. T. I. pag. 222.

(5) Dobbiamo soggiungere a questo proposito che le indicazioni date dai diversi autori sulla quantità dell'acido idroclorico nel succo gastrico, sono assai varie anche pel motivo, che il suo grado di acidità sembra essere maggiore negli ultimi che nei primi periodi della digestione. Mi basti citare quanto scrive a questo proposito GORUP-BESANEZ (*Traité d'analyse zoochimique*. Traduz. dal tedesco. Paris, 1875, pag. 442) il quale, dopo aver descritto come unico metodo di determinazione quantitativa dell'acido idroclorico nel succo gastrico quello di C. Schmidt, soggiunge: *comme la teneur du suc gastrique en acide chlorhydrique libre est très-variable et sous la dépendance de nombreuses conditions imparfaitement connues, son dosage n'offre pas un valeur pratique particulière.*



iniziata nella bocca, favorita dall'abbondanza di saliva nel tempo del pasto, e dalla sua stessa secrezione nel ventricolo quando si avveri la indicazione di Edelman sulla esistenza di una corona di glandule diastasiche al dintorno del cardias, dovrebbe poi subire con tanta facilità una sospensione nel ventricolo stesso, per iperacidità del succo gastrico medesimo. E notisi che in questo indirizzo della induzione rientra anche il fatto, che negli erbivori chiamati ad una più ricca saccarificazione, il succo gastrico è meno acido che nei carnivori.

Vogliamo dire quindi, che appunto per il motivo che l'iperacidità sopprime la saccarificazione, avrebbe dovuto essere, nell'ordine naturale, che a rendere meno facile questa soppressione fosse più elevato quel grado massimo di acidità (retroindicato da Brücke al $\frac{1}{2}\%$) al quale la saccarificazione è ancora possibile.

Guidato da queste considerazioni ho fatto qualche ricerca, nel principale scopo di convincermi, per esperienza propria, sul massimo grado di acidità, specialmente idroclorica, compatibile ancora con la saccarificazione riscontrata mediante il reattivo Fehling. E a tale ricerca ho fatto precedere lo studio sulla sensibilità e sul contegno del reagente alle titolate soluzioni di glucosio in vario grado acidificate coll'acido idroclorico.

Sensibilità del reattivo di Fehling al glucosio disciolto in acqua distillata. — Per provare la sensibilità di questo reattivo al glucosio disciolto in acqua distillata, si sciolse un grammo di trasparentissimo glucosio del commercio in 25 grm. di acqua distillata, ottenendosi una soluzione al 40 per mille. Questa soluzione madre venne successivamente portata all'1, al 0,5, al 0,33, al 0,25 e al 0,2 per mille. Calcolato a 5 centigr. il peso di ognuna delle 500 gocce o dei 25 grm. di acqua, nella quale si fece la soluzione madre, ogni goccia di questa soluzione doveva contenere 2 milligrm. di glucosio, mentre le altre successive diluzioni dovevano rispettivamente contenere in ogni goccia 0,00005, 0,000025, 0,0000166, 0,0000125, 0,00001 grm. di glucosio. E siccome per la prova di queste cinque progressive diluzioni si adoperarono 20 gocce di soluzione zuccherina, così dovevansi contenere rispettivamente 1,5, 0,33, 0,25, 0,20 milligr. di glucosio.

Comunque fosse ora il grado di diluzione di quest'ultimo, non escluso il massimo al 0,2 p. mille, e comunque fosse la quantità assoluta di glucosio, non esclusa la corrispondente minima di $\frac{1}{5}$ di milligrm., il reagente di Fehling, aggiunto nella quantità di due gocce, diede sempre un'immediata ed evidente reazione, con ingiallimento istantaneo del liquido, e successivo suo decoloramento, quando si fosse deposto sotto forma di sedimento giallo-fulvo l'ossidulo o protossido di rame.

Senza escludere quindi la eventualità che la reazione possa aver luogo anche a diluzioni maggiori, possiamo tenere per certo, che il reagente è sensibile ad una diluzione di 0,2 per mille in presenza di due decimi di milligrm., di glucosio, riducibili anche nella stessa diluzione a cinque centesimi di milligrammo, perchè anche da sole 5 gocce dell'ultima diluzione era possibile accertare la reazione in presenza di una sola goccia di reagente.

Contegno del reattivo di Fehling alle soluzioni di glucosio in acqua variamente acidificata con acido idroclorico. — Essendo noto che il reattivo di Fehling agisce meglio su liquidi neutri, si suol premettere, allo scopo di renderlo attivo su liquidi acidi, la loro neutralizzazione mediante aggiunta di potassa o di soda.

L'esperienza però dimostra non essere ciò sempre necessario, poichè essendo il reagente ricchissimo di soda, quando sia aggiunto in conveniente dose, neutralizza esso stesso il miscuglio, senza che occorra di aggiungervi un alcali estraneo.

L'aggiunta del reagente alla soluzione acidula di glucosio determina nel liquido lo sviluppo di un colore verde smeraldo molto distinguibile dal colore azzurro di pari soluzione non acidificata. Il colore verde si mantiene coll'acidità del liquido, e non comincia a dar luogo al color ceruleo, se non quando per successiva aggiunta di altre gocce di reagente il liquido diventa alcalino.

Ad una saccarificata soluzione acidula aggiungendo il reagente in tale deficienza da non alcalinizzarla, e riscaldando il liquido verde-smeraldo che ne risulta, non si ha reazione, perchè il liquido si mantiene verde, non si opaca per liberazione di protossido insolubile, ma dà luogo, freddando, alla precipitazione di agglomerati fiocchetti bianchi, che già si formano all'aggiunta del reagente e che si disgregano molecolarmente al calore per riformarsi e sedimentare freddando.

Quando invece ad una saccarificata soluzione di acido idroclorico si faccia precedere l'alcalinizzazione colla potassa, od anche senza di essa, si aggiunga il reagente in tal dose da essere libero nel miscuglio una parte del suo alcali, in allora si ottiene la reazione, qualunque sia stato il grado di acidificazione.

Così, per esempio, a 10 gocce di acqua acidificata al 10 e al 15 % aggiungendo una sol goccia di glucosio al 4 % e debolmente alcalinizzando ambedue i liquidi con 5 gocce di reagente, si ebbe per ambedue un' immediata reazione giallo-verdastra più forte per prevalenza del giallo in quella al 10 %, ma evidentissima in amendue. Ebbi lo stesso effetto da soluzioni acidificate al 30 % neutralizzando invece con la potassa concentratissima alla dose di 5 gocce su 30 di liquido acidulo, al quale aggiungendo una goccia di glucosio al 4 % e 5 gocce di reagente, si ebbe una forte reazione rosso-fulva.

E pur corrispose alla neutralizzazione col reagente, anzichè colla potassa, una acidificazione maggiore, poichè 10 gocce di acqua acidificata con 6 gocce HCl (60 %) non diventarono alcaline per aggiunta di 5 gocce di reagente, assumendo anzi, fino ad 8 gocce di esso, un colore sempre più intensamente verde-smeraldo, che cominciò a farsi azzurro verso la 10^a goccia con alcalinizzazione del miscuglio verso la 15^a. Divisolo allora in due parti, si aggiunge alla prima una goccia di glucosio al 4 % e si ha intensa reazione gialla, che manca nell'altra, alla quale aggiungendo 5 gocce di glucosio all'1 % si ha reazione con precipitato giallastro e coloramento verde malachite del liquido, che finisce col reagire come il precedente, se a pareggio di titolo, vi si aggiunga nuovo glucosio.

Dalle indicate prove siamo quindi autorizzati a concludere: che l'acidità idroclorica comunque forte e fino a 60 %, di una soluzione, anche assai diluita, di glucosio, non esclude la sua manifestazione col reattivo di Fehling, quando il liquido sia neutralizzato con un alcali estraneo, o con un eccesso alcalinizzante dello stesso reattivo prima di riscaldare il miscuglio.

Contegno del reattivo di Fehling ai miscugli di amido, di saliva cruda e di acqua acidificata con acidi lattico ed idroclorico. — Osserverò in primo luogo che le mie ricerche in questo indirizzo, incominciate e condotte nell'estate 1897, dovettero essere ripetute nell'autunno successivo per eliminare il dubbio che sul risultato delle medesime avesse potuto influire la temperatura estiva ad accelerare una lenta saccarificazione spontanea dell'amido.

Di essa mi era già accorto nelle esperienze estive fatte con amido del commercio, che nella quantità di un grammo su cento di acqua distillata, veniva riscaldato a bagno-maria, poi alla fiamma portato all'ebullizione per qualche minuto, con formazione di una salda liquida, che molto si presta alla determinazione volumetrica. Benchè nelle prime esperienze avessi avuto la precauzione di provar sempre la salda prima di adoperarla e di rinnovarla quasi giornalmente, pure essendomi accorto del fatto, che essa dava segno da sola di azione riducente, pensai di meglio accertare i miei risultati colle seconde prove autunnali, per le quali adoperai un amido ridotto in polvere impalpabile, che, sotto il nome di amido fiore, ritrassi dallo stabilimento Erba di Milano. Malgrado queste precauzioni, anche la salda di questo amido diede non frequente indizio di saccarificazione spontanea, la quale, con mia sorpresa, a perfetta parità di condizioni, avveniva più spesso e più presto per quella parte di salda che in capsula di porcellana tenevasi coperta di notte con lastra di vetro alla temperatura dell'ambiente (circa 10° in media) di quello che avvenisse per altra parte della stessa salda mantenuta coperta in capsula identica al termostato a temperatura di 35°.

E le due salde, oltrechè differire in questo fra loro, differivano anche nella loro resistenza assoluta, poichè alcune volte mi durarono immutate per tre o quattro giorni, mentre altre volte mostravansi già riducenti dopo 24 ore, senza variazione sensibile di condizioni esterne. Questi fatti ripetutamente accertati, dovevano indurmi a rinnovare giornalmente la salda e a constatarne ad ogni prova la incolumità, mentre con compiacenza devo avvertire, che malgrado i giustificati dubbi per le anzidette ragioni insortimi sulla attendibilità delle prove estive, moltissime di esse collimarono colle autunnali nei loro risultati.

Dei quali risultati venendo ora ad una esposizione sommaria dirò:

Che in 6 eguali provette di vetro misi acqua acidulata di HCl nella proporzione di $\frac{1}{2}$, 2, 3, 4 e 5 per mille, aggiungendo poi ad ogni provetta saliva ed amido cotto, ciascuno in volume (determinato in gocce) eguale a quello dell'acqua acidulata. Facendo entrare nel calcolo della diluizione dell'acido i due aggiunti eguali volumi di saliva ed amido, la diluizione stessa era portata per quest'aggiunta a 0,17, 0,33, 0,7, 1,0, 1,33, 1,66 per mille. Tutte queste miscele furono divise in due parti, di cui l'una fu messa tappata al termostato (temp. 35°) per essere assaggiata nei diversi periodi compresi nel tempo totale di 22 ore; l'altra parte fu invece provata pochi minuti dopo la formazione della miscela, che constava per ciascuna delle due parti di trenta gocce, coll'aggiunta, all'atto dell'assaggio, di 2 o 3 gocce di reagente valevole ad alcalinizzare il miscuglio. All'assaggio immediato tutte queste prove diedero evidentissima reazione con precipitato fulvo, meno l'ultima del 5 o 1,66 per mille, per la quale la reazione non essendo stata così evidente come per le precedenti, ho preferito ritenerla dubbia, come fu meno dubbia dopo 4 ore di termostato, e come fu invece evidentissima dopo 10 ore di giacenza, tanto al termostato, quanto a media temperatura ordinaria di circa 10° C. Tutte le altre prove che avevano corrisposto all'assaggio estemporaneo, tanto più fortemente corrisposero all'assaggio consecutivo di giacenza al termostato per 2, per 4 e sino a 22 ore, non senza trascurare di osservare a controprova, che l'assaggio riusciva negativo per uno stesso corrispondente miscuglio di solo amido ed acqua acidulata, mantenuto per egual tempo al termostato.

Volli ancora vedere se variando l'acido e l'acidificazione variassero i risultati.

Un miscuglio a parti eguali di acido lattico al 10 ‰ diluito al 3,3 ‰, dall'aggiunta di ugual volume di amido e di saliva, diede reazione dubbia dopo 20 ore di giacenza.

enza a temperatura ordinaria; evidente dopo 20 ore di giacenza al termostato; forte dopo 40 ore (6).

Altro miscuglio di acqua acidificata al 2 ‰ HCl e al 4 ‰ acido lattico portato ad una diluizione sommaria di circa 3 ‰, dall'aggiunta di pari volume sommario di $\bar{a}\bar{a}$ saliva ed amido, reagì palesemente dopo 2 ore di termostato e fortemente dopo 20 ore, mentre, previo accertamento che la fibrina secca di bue non agiva riducendo, l'aggiunta di qualche suo fiocchetto valse ad accelerare la reazione che avvenne dopo meno di un' ora di termostato.

Queste reazioni tardive non sono però incondizionatamente riferibili ad un'azione diastatica, perchè la stessa saliva bollita, per la quale si ammette distrutta quest'azione, ed altre soluzioni albuminoidi producono lo stesso effetto di reazioni tardive, mentre invece sono presso che immediate quelle che avvengono in presenza della saliva diastasicamente attiva. Reazioni immediate si ottengono anche in presenza di un'acidificazione lattica a titolo maggiore di quella con HCl, il quale spegne più presto che non l'acido lattico l'azione diastatica, potendosi con questo solo acido avvicinare il titolo del 3 ‰, che vedemmo invece arrestarsi ad oltre l'1,6 ‰ per HCl. Mi avvenne anzi di riscontrare che parti uguali d'acqua con acido lattico portato al 3 ‰ dalla diluizione con ugual volume di saliva e di amido, non reagissero a temperatura ordinaria, e reagissero invece dopo 2 ore di termostato a 35°, il che dovrebbe confermare non solo la minore attività antidiastatica dell'acido lattico, in confronto dell'acido idroclorico, ma dovrebbe pur dimostrare che questa attività decresce anche quando l'acidificazione sia fatta col solo acido lattico, il quale permetterebbe ancora una saccarificazione abbastanza rapida al titolo del 3 ‰.

Queste ultime prove fatte in concorso dell'acido lattico furono controllate dalla riuscita affatto negativa, anche in seguito a lunga giacenza, di un miscuglio di due parti di amido non reagente da solo e di una parte di acqua acidificata HCl ed acido lattico nelle proporzioni sopra indicate, onde elidere il dubbio che avessero potuto ingenerarsi nel miscuglio dei prodotti riducenti.

Contegno del reattivo di Fehling in presenza di amido, di fibrina, di gelatina, o di saliva bollita in concorso di acqua pura od acidificata. — L'osservazione fatta, che l'aggiunta di qualche fiocchetto di fibrina cotta e secca di bue valse ad accelerare la reazione in un miscuglio a volumi eguali di acqua acidulata al 2 ‰ HCl e al 4 ‰ acido lattico, di amido e di saliva cruda (diluizione 0,7 e 1,3 ‰), riducendola ad avverarsi dopo meno di un' ora di giacenza al termostato, trasse al dubbio: che la fibrina aggiunta potesse agire nella trasformazione dell'amido, come albuminoide semplice o come albuminoide diastatico per esportazione di diastasi dal sangue.

Si è tentato chiarire questo dubbio adoperando infusi e decotti di fibrina secca e fresca di bue.

(6) Nel solo caso che ad una reazione così tardiva, quale si verifica anche in presenza di altri liquidi albuminoidi (non salivari), vogliasi attribuire una significazione diastatica, potremmo convenire con Van de Velde (LANDOIS, *Physiol.* 9.^a ediz., pag. 277) che la saccarificazione non sia disturbata dagli

acidi organici lattico e butirrico. In caso diverso verrebbe ad essere confermata da questa prova la indicazione di Bernard, che un'iperacidificazione lattica e butirrica agisce ostacolando la saccarificazione, o quanto meno ritardandola assai, tutto che ripristinabile con la neutralizzazione.

Infusi e decotti furono fatti con 8 grammi di fibrina in 200 d'acqua distillata con riscaldamento per mezz'ora sino a 70° C., o bollitura per egual tempo. Gli uni e gli altri esperiti da soli non diedero mai reazione.

Si fecero miscugli a parti eguali d'infusi e di decotti di fibrina fresca e secca, di amido e di acqua acidificata di HCl dal $\frac{1}{2}$ all'1, 2, 3, 4 e 5 ‰, riducibili per la diluzione ad un terzo e quindi a circa 0,17, 0,33, 0,7, 1,00, 1,33, 1,7 ‰; per tutti questi miscugli la reazione fu negativa, tanto a prova immediata quanto a prove fatte più tardi e perfino a 20 ore dopo. Ne verrebbe quindi da queste prove negative la conclusione: che dato pure che tragga seco la fibrina dal sangue del fermento diastatico, se esso potrebbe eventualmente rinforzare l'azione della saliva accelerando un processo di saccarificazione acida, non varrebbe però a determinarlo in assenza della saliva.

Risultati non affatto identici si ebbero pei miscugli fatti con acqua non acidificata, essendo con essa riuscite delle reazioni più o meno tardive da mezza a 20 ore di termostato e riuscite pure in seguito a prolungato contatto a temperatura ordinaria, senza che gli stessi amidi soli di controprova avessero dato segno di reazione.

Basate pure sugli stessi criteri si fecero prove con trasparentissima ittiocola sciolta in acqua distillata calda nella proporzione di 2 gr. sopra 80, badando che le soluzioni fossero sempre recenti.

Eliminato il dubbio che l'ittiocola sola o mescolata ad ugual volume di acqua acidulata HCl. 0,7 ‰ ed acido lattico 1,3 ‰ valessero a reagire o subito o dopo giacenza a temperatura ordinaria di oltre 22 ore, si fecero miscugli a parti eguali: 1.° di gelatina, amido, saliva cruda ed acqua acidificata a 0,7 e 1,3 rispettivamente di acido idroclorico e lattico; 2.° di gelatina, amido ed acqua egualmente acidificata; 3.° di gelatina ed amido. I tre miscugli furono duplicati e destinati gli uni alla prova immediata, gli altri alla prova tardiva fino a 22 ore dopo.

Dei primi, a prova immediata, che diedero tutti all'aggiunta del reattivo il coloramento violetto proprio degli albuminoidi ai sali di rame, non reagì che il N. 1 contenente saliva, con ingiallimento istantaneo del liquido, successiva deposizione di un sedimento giallo-fulvo e restituzione del colore violetto al liquido sovrastante.

Dei secondi, a prova tardiva, reagirono pure il N. 1 in modo analogo e più intenso del precedente, e debolmente il N. 3 (di gelatina ed amido) che non aveva reagito alla prova immediata. L'ittiocola spiega quindi sull'amido un'azione analoga e forse più intensa di quella della fibrina, in quanto che non solo favorisce, come sembra fare quest'ultima, ma vale anche a determinare da sola, con esclusione di acidi, una lenta saccarificazione.

Si fecero pure miscugli di graduata acidificazione idroclorica ai titoli retroaccennati per la fibrina, sostituendo ad essa l'ittiocola con prova immediata e tardiva (fino a circa 20 ore di termostato).

Per tutte le prove si ebbe pure coloramento violetto meno intenso coll'aumentare dell'acidificazione, ed aggiungendo 3 gocce di alcalinizzante reattivo, non si ebbe indizio di reazione, nè a prova immediata, nè a prova tardiva, mentre una minima traccia di glucosio aggiunta alla più acidificata prova del 1,7 ‰ diede reazione fortissima.

Fra ittiocola e fibrina pare quindi avervi analogia di contegno in ciò: che amendue non sembrano spiegare azione saccarificante in presenza di liquidi acidificati con acido idroclorico solo, o con quest'acido e con acido lattico ai titoli indicati; che amendue non impediscono, e forse anzi coadiuvano (come sembrò avvenire specialmente per la fibrina)

la saccarificazione salivale di miscugli acidi; che amendue, e specialmente l'ictiocolla, favoriscono la saccarificazione amilacea di miscugli non salivali e non acidificati, dopo prolungato contatto anche a temperatura ordinaria dell'ambiente (media da 10-12°).

Analogamente si comportano gli albuminoidi della saliva quando con l'ebullizione se ne distrugga (come credesi) l'azione del fermento diastatico. I relativi miscugli a parti eguali di saliva bollita ed amido diventano anch'essi violetti per aggiunta di qualche goccia del reagente, e una forte reazione gialla non ebbe luogo per essi, se non dopo giacenza di 20 ore al termostato o a temperatura ordinaria, mentre invece non ebbero luogo, anche dopo questo tempo, se il miscuglio era acidificato al 0,7, 1,3 ‰ di acido idroclorico e lattico, ed ebbero luogo invece ad acidificazioni minori di 0,17, 0,33, 0,7 1,0 ‰ di solo acido idroclorico; risultati questi dai quali si dovrebbe dedurre: che malgrado colla ebullizione siasi tolta di mezzo un'azione diastatica immediata, quale quella della saliva cruda, rimane però ancora alla saliva bollita un'azione saccarificante tardiva, più intensa di quella spettante alla gelatina e alla fibrina.



Differenziale contegno al reattivo di Fehling dello zucchero amilaceo e del glucosio in presenza della saliva. — Nello svolgimento del problema inerente a questo scritto, se cioè continui o meno nel ventricolo la saccarificazione salivale dell'amido, rendevasi a mio avviso necessario sapere: se il glucosio aggiunto alla saliva si contenga come lo zucchero nascente in sua presenza dall'amido. Poichè se l'esperienza dimostrasse che il glucosio aggiunto si trasforma in presenza della saliva meno rapidamente in acido lattico-butyrico che non lo zucchero nascente dall'amido, in allora si avrebbe potuto indurne la causa, per cui si può constatare nel ventricolo la presenza del glucosio ingesto come tale, mentre non si può molte volte constatare, col reattivo di Fehling, la presenza dello zucchero amilaceo, e darsi ragione della negativa reazione, non dipendente da mancata saccarificazione per forte acidità, ma da più rapida trasformazione lattico-butyrica dello zucchero nascente.

A quest'uopo si incominciò dal constatare che fra due prove di volumi eguali di saliva cruda e salda d'amido al 2 ‰ da una parte e soluzioni glucosiche al 5 ‰ dall'altra, dopo 24 ore inacidisce fortemente la prima, mentre invece la seconda non inacidisce debolmente che dopo varii giorni, e tale si mantiene anche nei giorni successivi. I due liquidi inaciditi sono sensibili alla reazione di Uffelmann per l'acido lattico (7); ma mentre nel primo di essi scompare dopo qualche giorno la reazione dello zucchero, questa mantensi invece intensa nel secondo liquido.

A maggiore conferma e schiarimento di questi risultati si fecero tre liquidi, dei quali

il N. 1, composto di amido al 2 ‰ in quintuplo volume di saliva;

il N. 2, composto di soluzione di glucosio al 5 ‰ in quintuplo volume di saliva;

il N. 3, composto parimenti di glucosio al 5 ‰ in quintuplo di acqua.

Dopo 7 ore di termostato sono acidi i N. 1-2 che non lo erano dopo 3 ore; l'acidità diminuisce fra 24-48 ore, nei liquidi 1 e 2 pel primo dei quali la reazione di Fehling scompare dopo circa 24 ore, e dopo 48 pel secondo, mentre il N. 3 acidificatosi più tardi rea-

(7) Ingiallimento di un miscuglio azzurro di acido fenico e cloruro di ferro (10 c.c. a 4 ‰ del primo e 20 c.c. d'acqua e una goccia del secondo al 10 ‰.)

gisce fortemente anche dopo questo tempo. Questa prova più volte ripetuta ha dato sempre lo stesso risultato di un' iniziale acidificazione, successivamente decrescente, con perdita di reazione, prima dello zucchero amilaceo, poi del glucosio misto a saliva, con persistente reazione zuccherina della soluzione acquosa di glucosio.

Queste prove lasciavano però il dubbio che l'anticipata scomparsa della reazione dello zucchero amilaceo in confronto del miscuglio di glucosio e saliva potesse dipendere dall'eccedenza in quest'ultima del glucosio (5 %) in confronto dell'amido (2 %). Sarebbero tali infatti le proporzioni, che dato come termine medio di corrispondenza fra le diverse specie di amido e lo zucchero una derivazione di quest'ultimo dal primo nella proporzione in peso di circa 2 a 4 (8) negli impiegati miscugli gluco ed amido salivari, la quantità di glucosio sarebbe stata nel primo il quintuplo di quella dello zucchero che avrebbe potuto derivare dalla trasformazione del secondo. E ciò essendo, l'anticipata scomparsa della reazione di Fehling in quest'ultimo avrebbe potuto dipendere dalla minor quantità di zucchero che, in confronto del primo, avrebbe subito la ulteriore trasformazione in acido lattico. Rinnovate le prove sulla base di queste nuove proporzioni, si ebbe ancora una maggiore resistenza all'acidificazione della soluzione acquosa di glucosio, mentre il miscuglio di amido e saliva inacidì dopo 2 ore di termostato e dopo circa 7 ore il miscuglio di glucosio e saliva, con presenza per ambedue di reazione zuccherina, che scomparve prima (dopo 10 ore circa) per il primo dei due miscugli e molto più tardi (20 ore) per il secondo, con pari scomparsa dell'acidità dopo circa 40 ore.

Da queste ultime prove rigorosamente condotte parmi debba emergere la convinzione, che la trasformazione lattica del glucosio aggiunto in natura, è più lenta di quella dello zucchero formatosi diastasicamente dall'amido, forse per il motivo che la sua produzione, non cumulativa, ma frazionata, e direi quasi nascente, favorisce la rapida trasformazione in acido lattico dello zucchero che si va gradatamente formando. Mentre però in pari tempo queste prove dimostrano l'accelerata trasformazione lattica dello zucchero amido-salivale, inducono altresì nel dubbio, che la constatabile presenza nello stomaco del glucosio ingesto come tale e la non constatabile presenza dello zucchero amilaceo, possa devolversi a tali diverse quantità dei due glucosi, per cui, in determinati limiti di tempo dall'ingestione, non fosse avvenuta, per la sua eccedenza, la completa trasformazione lattica del primo e fosse avvenuta invece quella del secondo per la sua relativa deficienza, causata da una soltanto graduata derivazione dall'amido.

Varietà di contegno del chimo sottratto allo stomaco degli animali viventi. — A queste considerazioni se ne deve aggiungere un'altra, che mi risulta da antiche e nuove osservazioni e sperienze fatte sugli animali.

Già precedentemente io aveva osservato che la massa chimosa del cane poteva presentare la reazione di Fehling nelle sue parti più interne e mancarne invece nella sua parte periferica e contigua alla mucosa gastrica; come pure aveva osservato, che lasciando a se stessa, fuori del ventricolo, questa massa chimosa derivante da un pasto misto di carne e di pane, anche la porzione periferica presentava dopo qualche ora la reazione acida e la reazione di Fehling che in origine le mancavano.

(8) SOLERA. — *Indagini comparative sulla trasformazione degli amidi per azione della saliva umana*. Catania, 1880.

Più recentemente ho avuto conferma di questi fatti, per alcune prove fatte su ratti bianchi pasciuti, dopo 24 ore di digiuno, con riso cotto nell'acqua.

L'apertura del loro ventricolo, da 4 a 5 ore dopo il pasto, diede a riconoscervi una bianca ed omogenea poltiglia più acida alla superficie che all'interno (specialmente della porzione cardiaca) e dovunque reagente violetta al iodio e giallo-fulvo al sale cupro-sodico. Non altrimenti si comportarono altri ratti pasciuti con lo stesso riso cotto addizionato di glucosio o di zucchero di canna (9).

Allo scopo di vedere se i prodotti della digestione carnea fossero capaci di velare, nella loro qualità di sostanze organiche, la reazione di Fehling (10), diedi, dopo digiuno, ad altri ratti, miscugli alimentari formati da pesi eguali di riso cotto impastato con soppressa carne cruda di vitello in eguale o doppia dose. L'apertura del ventre quattro ore dopo il pasto diede a riconoscere già dalla esterna superficie dello stomaco la sua porzione cardiaca distinguibile per la sua bianchezza, da trasparenza del bianco contenuto, dal color roseo della porzione pilorica per minore trasparenza da maggiore opacità di tonache probabilmente dovuta a maggior loro spessore o minor distensione. Il fondo cieco poi dello stomaco verso la sua parte inferiore dava luogo alla formazione di una specie di globoso stomaco succenturiato della grossezza di un cece, la cui cavità per interposto strozzamento, forse devoluto a persistenza postuma di contrazione muscolare, comunicava soltanto per uno stretto passaggio colla cavità generale dello stomaco. Il chimo era molto più consistente di quello formato da solo riso; risultava da un'unica massa compatta e più compatta là dove prevaleva la carne; massa che incidendo lo stomaco lungo la grande curvatura per denudarla, era per la praticata incisione sospinta integralmente fuori del ventricolo per contrazione postuma delle sue pareti.

Il riso del chimo dava indizio di essere molto più digerito della carne, la quale manteneva il suo aspetto roseo e la struttura fibrosa dei suoi lacerti e del connettivo. Laddove il pasto era stato di riso e carne in parti eguali, quivi ebbesi reazione acida superficiale e profonda di tutto il chimo sì pilorico che cardiaco, con reazione di Fehling dubbia per quest'ultimo, indubbia per la porzione pilorica; reazione che pure si ottenne molto intensa dal chimo dell'antro pilorico a pasto prevalentemente carneo, mentre invece fu meno intensa l'acidità. Per la più esatta designazione delle diverse porzioni di chimo, e per sollecitare la prova onde evitare eventuali decomposizioni, i primi assaggi furono fatti su singole porzioni della massa chimosa; delle quali singole porzioni fatti poi degli estratti acquosi di 4 parti di chimo in 10 di acqua distillata e filtrati dopo breve digestione, diedero risultati identici sì per acidità che per la reazione di Fehling; vale a dire: acidità più intensa a pasto meno carneo; reazione di Fehling per ambo i pasti, più intensa nella regione pilorica.

Questi risultati presentano una certa analogia con quelli recentemente ottenuti da Cannon ed esposti in una sua interessante Memoria (11), della quale avremo a dire più innanzi, limitandoci per ora a nuovamente avvertire:

(9) Benchè si affermi che la salda di farina dei cereali contiene già per sè stessa dello zucchero (Brücke, l. c., p. 288), io devo per mia parte affermare di non aver potuto ottenere la reazione di Fehling dalla salda fresca del riso da me adoperato.

(10) Come è detto da HOPPE SEYLER nell'*Hand-*

buch d. Phys. u. Path. Analyse. 6.^a ediz. Berlin, 1893, pag. 64.

(11) *The movements of the Stomach studied by means of the Röntgen rays* (*American Journal of Physiology*. May 1898).

Che prima lo zucchero amido-salivare, indi il glucosio non salivare acidificano più presto in presenza della saliva che in presenza dell'acqua.

Che sul tempo impiegato al compimento di questa trasformazione influiscono le quantità di saliva e di glucosio.

Che la porzione periferica del chimo può essere neutra e glucosicamente inattiva alla prima ricerca, e dar luogo invece collo stanziamento del chimo alla ulteriore comparsa di acidità e di reazione di Fehling.

Che in genere il chimo della porzione pilorica presenta indizi di più avanzata digestione nella maggiore acidità e nella più intensa reazione di Fehling in confronto del chimo della porzione cardiaca.

CONCLUSIONE.

Possiamo riassumere il contesto di questo scritto nei termini seguenti:

1.° La predisposizione organica alla saccarificazione gastrica dell'amido è rivelata dalla ricchezza e dalla estensione dell'apparato diastatico salivare, rappresentato non solo dalle ghiandole macro e microscopiche della bocca e dell'esofago, ma anche dalle ghiandole cardiache di Edelmann, non che dalla stessa azione del muco e del succo gastrico, che in alcuni erbivori vuolsi contenga pure un fermento diastatico (12).

È rivelata pure dalla circostanza, che la saccarificazione gastrica può avvenire ancora per altra via che non sia la diastatica, quantochè l'acido del succo gastrico trasformando l'amido in amidulina, la predispone in presenza di microrganismi digestivi ad un processo di fermentazione acida, con formazione di destrina, di zucchero e di acido lattico (13).

2.° Verrebbe ad essere quindi presuntivamente improbabile, che in presenza di tanti e così estesi mezzi di saccarificazione, evidentemente accennanti alla necessità di una corrispondente trasformazione digestiva dell'amido, una tale trasformazione dovesse poi arrestarsi nel ventricolo per iperacidità del succo gastrico.

È indubitato che in presenza di un dato grado di acidità la saccarificazione non avviene, o quanto meno non si rivela al reattivo di Fehling. Dato che si tratti di succo gastrico acidificato dall'acido idroclorico, noi abbiamo veduto che *in vitro*, non avviene saccarificazione salivale dell'amido, quando l'acido idroclorico trovisi nel miscuglio in una proporzione di 1,6 a 1,7 per mille. Vedemmo essere assai varie le indicazioni dei diversi autori su questa proporzione tanto nello stesso che nei diversi animali, per modo che secondo Schmidt sarebbe in media rappresentata dal 3‰ nel cane, dall'1,2‰ nella pecora, dal 0,2‰ nell'uomo. Prescindendo ora a questo proposito dalla varietà delle indicazioni sul grado di acidità necessaria per impedire la saccarificazione, grado di acidità che sarebbe del 0,5, del 0,75 e dell'1,6‰ rispettivamente per Brücke, per Tiegerstedt e per me, noi vediamo che nell'uomo esso sarebbe di circa il triplo, il quadruplo e l'ottuplo superiore all'acidità media normale del 0,2‰, per modo da esigersi corrispondenti gradi di superacidificazione, prima di raggiungere il massimo grado inibitore della saccarificazione. E nello stesso tempo vediamo, che prescindendo dalla minima acidità del succo

(12) TIEGERSTEDT. — *Physiol. T.* 1 pag. 274.

(13) *Ibid.* pag. 222.

gastrico umano, quella di un animale prevalentemente erbivoro, come la pecora, è di oltre la metà minore di quella di altro animale prevalentemente carnivoro come il cane; e ciò a maggior garanzia digestiva dell'amido prevalente nell'alimentazione del primo di questi animali, senza danno digestivo dei suoi albuminoidi vegetali, che esigono all'uopo un succo gastrico meno acido che non gli albuminoidi animali.

Data quindi ed ammessa con Schmidt un'acidificazione al $3\frac{0}{100}$ del succo gastrico canino, questa proporzione sarebbe realmente incompatibile colla saccarificazione gastrica dell'amido, se la forte diluzione che deve provare il succo gastrico, per l'acqua contenuta naturalmente nell'alimento, non che per opera della saliva alcalina e in grande abbondanza secreta durante e dopo l'alimentazione non valessero a temperarla, e se come risulta dalle esperienze *in vitro*, non valessero gli albuminoidi (fibrina ed ictiocolla) a favorire la saccarificazione in liquidi acidi e non valessero pure a ciò fare gli stessi peptoni raccolti nello stomaco ed in presenza dei quali si può, fino ad un certo punto, eccedere nell'acidificazione, senza diminuire l'attività della saliva per combinazione dell'acido con gli stessi peptoni (*Tiegerstedt*).

In ogni modo però non si potrebbe escludere che questa iperacidità del succo gastrico del cane, potesse essere di ostacolo alla saccarificazione gastrica dell'amido in questo animale e in altri che vi rassomigliassero; nè si potrebbe escludere pure, che a questa mancata saccarificazione per iperacidità fosse devoluta la relativa frequenza, rispetto ad altri animali, con cui fallisce la reazione di Fehling nel contenuto dello stomaco del cane.

3.° La mancante reazione di Fehling però, se in queste condizioni di un iperacido succo gastrico canino potrebbe devolversi a mancata saccarificazione, non è detto che ad essa debba devolversi. Non è detto questo pel motivo, che avvenendo già la saccarificazione nel volgere della masticazione e della deglutizione (malgrado che nel cane sia meno attivo il potere diastatico della saliva) vi ha la certezza che nello stomaco deve giungere dello zucchero amilaceo già precedentemente formatosi nella bocca e nell'esofago, zucchero amilaceo, che per quanto in minima quantità, dovrebbe essere avvertito dalla reazione di Fehling, la quale senza escludere la sua attività a diluzioni maggiori, vedemmo sensibile ancora in presenza di 5 centesimi di milligrammo di zucchero diluito al 0,2 per mille.

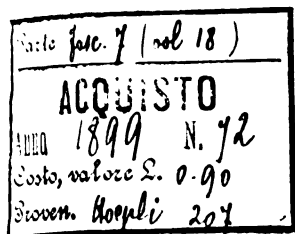
Se quindi malgrado la certa introduzione di zucchero amido-salivare nello stomaco, mediante la deglutizione, la reazione di Fehling non riesce a dimostrarlo, ciò non vorrà dire che non vi sia stato, ma vorrà dire piuttosto che vi era ed è scomparso per sua ulteriore trasformazione. Dal meno al più, questo ragionamento che si applica allo zucchero amido-salivare deglutito, si può pure applicare a quello che si forma successivamente nel ventricolo, e che per essersi trasformato in acido lattico e butirrico non può più essere rivelato dal reattivo di Fehling. Chè se, come venne osservato da Brücke e da me stesso, rivelasi invece il glucosio ingesto anche in minima quantità, ciò devesi molto verosimilmente al fatto riscontrabile *in vitro*, che lo zucchero nascente dall'amido in presenza della saliva molto più presto si trasforma in acido lattico, che non l'aggiunto glucosio, per modo che, quando per iperacidità la saccarificazione è tanto indebolita da non lasciar luogo ad accumulo di zucchero amilaceo, esso non si rivela, perchè già si converte in acido lattico mano mano che si forma. Nè a questo acido lattico potrebbesi attribuire un'azione inibitrice sulla ulteriore saccarificazione, prima di tutto perchè quest'azione è molto più debole di quella dell'acido idroclorico, in secondo luogo perchè l'acido che gradatamente si forma viene anche gradatamente assorbito come tale o previamente trasformato in acido butirrico.

Questo assorbimento viene ad essere favorito dalla liquidità e dalla ubicazione contigua alla mucosa gastrica della parte periferica del chimo, la quale, secondo le osservazioni di Schiff, già dieci o quindici minuti dopo l'inizio della digestione gastrica passa ad intermittenti sbruffi al duodeno, rinnovando di tal guisa continuamente la superficie stessa, in corrispondenza della quale, più spesso che nella parte centrale, sarà possibile osservare la mancanza della reazione allo zucchero, mancanza di reazione che potrà dar luogo alla sua ulteriore apparizione nel chimo stanziante fuori dello stomaco, pel mancato assorbimento dello zucchero, che in questo chimo, a conveniente temperatura, continua a formarsi in presenza della saliva che lo imbeve.

Ne verrà che anche al punto da cui si trae il chimo di prova dovrà badarsi prima di concludere sull'assenza di zucchero amilaceo; assenza la quale oltrecchè per la porzione periferica della massa chimosa, è in genere più frequente per la porzione cardiaca in confronto della porzione pilorica, la quale, rispetto alla prima, dà sempre segno di una digestione più avanzata.

Oltre a questo devesi avvertire quanto già dicemmo essere anche accennato nella già citata Memoria di Cannon ed essere in parte confermato anche dalle nostre sperienze, che molte volte il chimo centrale cardiaco, per la relativa inerzia della corrispondente regione stomacale, non mescondosi al succo gastrico, più facilmente si saccarifica e meno si acidifica in confronto del chimo pilorico per maggiore vividezza contrattile di questa parte dello stomaco e per conseguente più estesa e valida miscela col succo gastrico. Dal che l'avvertenza, che per giudicare sulla presenza o meno di zucchero amilaceo nel ventricolo digerente, si dovrà attendere pure alla ubicazione centrale o periferica, cardiaca o pilorica del chimo sperimentato.





115

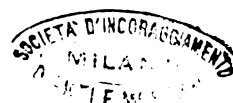
LE
GHIANDOLE SALIVARI
DEI
GASTEROPODI TERRESTRI
NEI DIVERSI PERIODI FUNZIONALI.

MEMORIA

della dottoressa RINA MONTI,

assistente di anatomia comparata nella R. Università di Pavia

letta nella seduta del 29 marzo 1899.



La morfologia macroscopica delle ghiandole salivari dei *Gasteropodi* è già stata argomento di lunghe e particolareggiate descrizioni; assai povere invece sono le nostre conoscenze circa la fina struttura di questi organi.

Dopo gli studi geniali del Panceri sulla presenza dell'acido solforico nelle ghiandole salivari del *Dolium*, ben pochi autori hanno rivolto la loro attenzione alle ghiandole analoghe di altri Molluschi.

D'altra parte numerose, ricche di dati nuovi, apparvero le memorie sulle ghiandole salivari dei Vertebrati, ed appunto i reperti ottenuti negli animali superiori mi hanno fatto pensare alla lacuna esistente nella letteratura scientifica circa i Molluschi, dove la adattamento — in diverso senso — deve avere determinato differenze notevoli di struttura e di funzione.

Ho cominciato col fare argomento delle mie indagini la fina organizzazione delle ghiandole salivari dei *Gasteropodi terrestri*. Il trovarsi dinanzi ad un gruppo di animali ibernanti, offriva un interesse particolare, in quanto che permetteva di studiare questi organi in periodo di massima attività ed in periodo fisiologico di lungo riposo.

Questo indirizzo negli studi, che già venne ampiamente applicato con grande successo ad esseri superiori, come per es. da Rud. Heidenhain, dal Langley, da Erik Müller, alle ghiandole salivari; dal Kühne al pancreas; dal Bizzozzero e dal Vassale, poi dal Sacerdotti, al tubo digerente; dal Trambusti al fegato dei Vertebrati, solo dal Cuenot veniva applicato al fegato dei Gasteropodi.

Per quanto io abbia frugato nella bibliografia, non vi trovai lavori che corrispondessero alle ricerche che io mi ero proposta di fare; anche l'esame dei testi più conosciuti e più pregiati di anatomia e fisiologia comparata recentissimi, mi hanno convinta che non si hanno conoscenze esatte nè istologiche, nè funzionali, sulle ghiandole salivari dei Gasteropodi.

1899 - Milano

Le specie da me studiate appartengono alle famiglie degli Elicidi e dei Limacidi, e di ciascuno ho raccolto un gran numero di esemplari in diverse stagioni.

(*Helix pomatia*, *Helix aperta*, *Helix vermicularis*, *Helix arbustorum*, *Helix Ziegleri*, *Limax agrestis*, ecc.)

Queste specie in parte venivano fissate, appena raccolte, nel periodo di attività, in parte lasciate entrare in periodo di ibernazione ed uccise dopo un riposo prolungato per un numero variabile di mesi; alcune anche furono tenute in digiuno per un intero anno.

CENNO STORICO.

Il Leydig (1), nel suo trattato di istologia del 1857, parla delle ghiandole salivari dell'*Helix* e del *Limax*. Dà anzi una figura schematica del modo col quale questa ghiandola sarebbe costituita. Ogni cellula ghiandolare, molto grossa, apparirebbe rivestita da uno strato di tessuto connettivo. Questo si prolungherebbe in un sottile peluncolo e si unirebbe poi coi condotti di secrezione comuni, la cui superficie interna sarebbe nel *Limax* munita di epitelio vibratile.

Il Vogt e il Yung (2) osservano, nel loro trattato di anatomia comparata, che le ghiandole salivari non meritano funzionalmente questo nome, perchè non secernono che muco, non racchiudente fermenti digestivi.

Le ghiandole salivari dei Gasteropodi, secondo i sopra nominati autori, sono costituite da diversi lobi appiattiti, profondamente incavati al loro bordo, e avvolte da uno strato di tessuto connettivo, le cui fibrille si confondono con quelle del foglietto peritoneale dell'intestino.

È precisamente per lo strato connettivo che le ghiandole sono attaccate allo stomaco.

Nell'*Helix pomatia* gli autori ricordano, che dalla estremità anteriore di queste ghiandole partono due canali escretori. Questi si dirigono liberamente all'avanti, attraversano l'anello nervoso peri-esofageo e sboccano sulla superficie dorsale della faringe.

Nella parte interna dei condotti non riscontrano ciglia vibratili, come la maggior parte degli autori hanno verificato in generi affini, ma ritengono però che le cellule fusiformi, che si riscontrano nelle pareti, sieno di natura muscolare e contribuiscano alla espulsione, nella cavità boccale, del prodotto di secrezione.

Secondo il Vogt ed il Yung si possono considerare le così dette ghiandole salivari come degli ammassi di ghiandole monocellulari, simili a quelle che si trovano attorno alla faringe degli Irudinei.

I detti autori affermano poi che ogni cellula ovoidale o sferica è circondata da uno strato elastico di tessuto connettivo. Questa specie di guaina si prolunga in un canalicolo, che, dopo essersi riunito ai canalicoli vicini, versa il contenuto, elaborato dal protoplasma ghiandolare, nei canalicoli escretori più importanti.

L'aspetto del protoplasma delle cellule ghiandolari varia a seconda dello stato di attività della ghiandola.

(1) FRANZ LEYDIG, *Lehrbuch der Histologie des Menschen und der Thiere*. Frankfurt a. M., 1857.

(2) VOGT et YUNG, *Traité d'anatomie comparée*, 10^e livraison.

Ora esso è perfettamente trasparente, ora è sparso di piccole gocce sferiche o brillanti, costituite probabilmente da mucina, ora invece è finamente granuloso. I nuclei di queste cellule, come i loro nucleoli, si colorano molto bene colle soluzioni di carmino.

Edmond Perrier (3) si occupa della presenza, della posizione, dell'aspetto macroscopico, dello sbocco delle ghiandole salivari nei Molluschi. Secondo l'autore, il succo delle ghiandole salivari dei polmonati sarebbe senza azione sugli alimenti.

Anche il Lang (4) descrive macroscopicamente le ghiandole salivari nei Molluschi, ma non dà nessun cenno della loro struttura istologica e dice inoltre che la funzione di questo organo è ad un dipresso sconosciuta.

Ma il Bonardi (5) se forse non ha aggiunto nessun dato nuovo alle nostre conoscenze sulla istologia delle ghiandole salivari dei Gasteropodi, ha invece dimostrato che queste ghiandole secernono un succo atto a saccarificare l'amido idrato (6).

METODI DI TECNICA.



Le ghiandole salivari venivano fissate appena tolte, naturalmente insieme col tubo digerente, dividendole in due o tre parti, se si trattava di individui adulti molto grossi.

I fissatori adoperati furono: il sublimato di Heidenhain, il liquido Hermann, il liquido Flemming, il liquido Zenker, il liquido Kleinenberg. Le inclusioni fatte in paraffina, e le sezioni in serie, eseguite mediante il microtomo Reinhold-Giltay, venivano di solito incollate sul portaoggetti, prima della colorazione.

Rilevo subito che le ghiandole salivari facilmente si possono bene fissare e che trattandosi di un tessuto tanto molle, è facile ottenere delle sezioni sottili di una grande finezza. Ma l'esperienza mi ha insegnato, che non conveniva fare sezioni molto sottili, al di sotto dei 10-15 micromill, perchè le cellule assai grosse facilmente venivano divise e molte apparivano prive di nucleo, perchè questo rimaneva in altre sezioni.

Per la colorazione mi sono valsa dei metodi seguenti:

I. — Colorazioni semplici:

1.° Ho applicato innanzi tutto i coloranti già usati nella vecchia tecnica microscopica, come *diversi carmini* (carmino boracico, carmino alluminico, picrocarmino, ecc.), come controllo alle poche conoscenze che si hanno sulle ghiandole salivari, conoscenze ottenute appunto con questi metodi semplici.

2.° Il *carmallume*, proposto da Mayer solo nel '92, ma che ha incontrato una larga applicazione per i risultati rapidi ed ottimi.

3.° Le diverse *ematossiline* Delafield, Bizzozzero, Ehrlich, Böhmer, M. Heidenhain, sia semplici, sia isolate, sia con colorazione successiva di auranzia.

Ho usato poi i metodi di colorazione consigliati nei trattati di tecnica recente, e nelle memorie a parte, appunto per lo studio delle ghiandole salivari.

(3) EDMOND PERRIER, *Traité de zoologie*, fasc. IV. Paris, 1897.

(4) A. LANG, *Traité d'anatomie comparée et de zoologie*, traduit par Curtel. Paris, 1898.

(5) BONARDI, *Contribuzione alla istologia del*

sistema digerente dell'Helix pomatia, in *Atti Accad. sc. di Torino*, Vol. XIX, 1883.

(6) BONARDI, *Sull'azione dei succhi digestivi di alcuni gasteropodi terrestri sull'amido e sui saccarosi*, in *Boll. scient.*, n. 2, 1884.

II. — **Colorazione del muco col metodo Hoyer.** Per il metodo Hoyer bisogna seguire i seguenti procedimenti:

- 1.° Fissazione in sublimato saturo, senza Cl. Na, e senza acido acetico.
- 2.° Indurimento rapido in alcool, senza iodio.
- 3.° Inclusione in paraffina e sezioni sottili incollate sul portaoggetti.
- 4.° Immersione delle sezioni sparaffinate in soluzione acquosa concentrata di sublimato per mezzo minuto.
- 5.° Lavare rapidamente in alcool.
- 6.° Colorazione per 5-15 minuti in tionina allungata (due gocce di soluzione satura acquosa a caldo in 5 cmc. di acqua).
- 7.° Lavare in alcool a 90°.
- 8.° Lavare rapidissimamente in alcool assoluto.
- 9.° Rischiarare in liquido di Minot (una parte di olio di garofani e 5 parti di timene).
- 10.° Olio di cedro.
- 11.° Balsamo sciolto in olio di cedro.

III. — **Colorazione del muco coi metodi di P. Mayer.**

1.° Il metodo di Mayer all'*emateina*, richiede una soluzione preparata nel modo seguente:

Emateina gr. 0,2, si pesta nel mortajo con alcune gocce di glicerina, e vi si aggiunge gr. 0,1 di cloruro alluminico, poi si stempera con 100 cmc. di glicerina e 60 di acqua. Oppure anche si può preparare colla seguente formula:

Emateina	gr.	0,2
Cloruro alluminico	"	0,1
Alcool a 70°	cmc.	100
Acido nitrico	gocce	1-2

Le sezioni sottili, non sparaffinate, si colorano per 5-10 minuti, poi si lavano in acqua, si asciugano con carta bibula e si sparaffinano.

2.° Per il metodo di P. Mayer al *mucicarmino*, si prepara il liquido seguente:

Carmino.	gr.	1,0
Cloruro alluminico (secco non giallo)	"	0,5

si pesta nel mortajo e si aggiunge cmc. 2 d'acqua distillata; si scalda poi per due minuti alla fiamma in una capsulina di porcellana, fino a che la miscela ha preso un colore rosso-oscuro. Si aggiunge 100 cmc. di alcool a 50°; — si lascia riposare un giorno, poi si filtra.

Per colorare le sezioni sottili, si immergono prima in emallume, poi si lavano. Indi si colorano in una soluzione costituita da una parte di mucicarmino e 10 di acqua di fonte ricca di calce; vi si lasciano le sezioni per 5-10 minuti, poscia si lavano in acqua, alcool, ecc., ecc.

IV. — **Colorazione col turchino di metilene metacromatico.** Secondo l'Unna si ottiene una buona colorazione del muco col seguente procedimento:

- 1.° Indurimento in alcool ed inclusione in celloidina.
- 2.° Colorazione in bleu di metilene polieromo per 10 minuti.

- 3.° Lavaggio in acqua leggermente acidificata (una goccia di acido nitrico in 15 cmc. di acqua).
- 4.° Trasporto in bicromato di potassa al 10 ‰ per 1/2 minuto.
- 5.° Trasporto sul porta oggetti, ed asciugare con carta bibula.
- 6.° Scolorare con olio di anilina, cui è stato aggiunto l'uno per mille di HCl (pochi secondi).
- 7.° Bergamotto.
- 8.° Balsamo.

Questo metodo mi ha dato risultati migliori, leggermente modificato come segue:

I pezzi fissati in sublimato di Heidenhain, — e le sezioni sottili, non sparaffinate e non montate, venivano colorate per 20 minuti in bleu di metilene policromo — poi lavate secondo il processo tipico in acqua leggermente acidificata, e trasportate per 1 minuto in bicromato di potassa al 6 per cento. In seguito montavo le sezioni sul vetrino portaoggetti, asciugavo con carta bibula finissima, — scoloravo con olio di anilina rapidamente — asciugavo di nuovo con carta bibula, sparaffinavo con xilolo e chiudevo in balsamo.

V. — Metodo di colorazione multipla da me preferita. Infine mi sono valsa di un metodo di colorazione speciale, da me ottenuto dopo numerosi tentativi infruttuosi. Questo metodo mi ha permesso di ottenere delle colorazioni multiple assai brillanti, ma più di tutto, ed era ciò che importava al mio caso, di ottenere diversamente colorati, in uno stesso preparato, i diversi elementi cellulari che compongono la ghiandola salivare ed i loro nuclei.

Per questa colorazione bisogna prepararsi una *emallume* o *emateina*, ed una soluzione acquosa di *rubina S.* (Grübler), all' 1 per ‰.

Poi al momento che si vuol fare la colorazione, si fa una miscela di una parte di emateina e di 5 parti di rubina S, e le sezioni sottili incollate sul portaoggetti si lasciano in questo colorante per una mezz'ora. Poi si lavano per 1 minuto in una miscela di acqua distillata cmc. 100, soluzione satura di acido picrico cmc. 1.

Indi si lavano le sezioni rapidamente in acqua, poi in una soluzione acquosa allungata di auranzia, per esempio:

Acqua distillata	cmc. 100
Soluz. satura di orange	„ 2

Vi si lasciano 1-2 minuti, finchè le sezioni guardate macroscopicamente hanno assunto una tinta dorata, allora si lava in acqua, si fanno rapidamente i passaggi negli alcool, si rischiarà con xilolo e si montano in balsamo, ovvero anche in gomma dammar.

Per ottenere delle buone colorazioni con questo mio metodo, è necessario che i pezzi siano fissati in liquido di Heidenhain.

Risultati non così brillanti, ma sempre ottimi, si hanno sostituendo alla emateina, una ematossilina alluminica, per esempio una ematossilina Böhmer. Così al posto della rubina S, ho potuto sostituire le diverse safranine del commercio, come, per es., la safranina pura Grübler, ed anche il rosso ciliegia, ma sempre però in soluzione acquosa all' 1 ‰. Noto infine, che prima di fare la miscela, io avevo cura di filtrare i coloranti. I pezzi trattati con fissatori contenenti anche acido osmico, davano col metodo sopra descritto risultati forse inferiori a quelli ottenuti quando i pezzi venivano fissati col sublimato di Heidenhain, ovvero col liquido Zenker.

VI. — Metodi di colorazione nucleare.

1.° Buoni preparati ottenni trattando le sezioni sottili, fissate in liquido Hermann od in Flemming, con safranina alcoolica per 24 ore, e poi lavando il preparato ripetutamente in alcool picrico, ed esaminandolo tratto tratto al microscopio, finchè si riconosceva essere davanti ad una colorazione differenziata.

2.° Ma molto bene mi ha servito anche il metodo che il Bizzozzero ha adoperato per le ghiandole tubolari del tubo gastro-enterico.

Secondo questo metodo le sezioni vengono immerse per un'ora o due in una soluzione acquosa di safranina; poscia si lavano in alcool assoluto per 10-15 minuti, si tengono per 10 minuti nell'ematossilina, si lavano di nuovo per mezzo minuto nell'acqua, e finalmente si passano rapidamente nell'alcool assoluto, nell'olio di bergamotto ed in balsamo del Canada.

3.° Ho applicato anche la *colorazione del Biondi*, colla miscela triacida, ed ho ottenuto buoni risultati.

STRUTTURA MICROSCOPICA GENERALE DELLE GHIANDOLE SALIVARI.

Comincerò col descrivere la struttura generale delle ghiandole salivari dei Gastropodi e specialmente dell'*Helix pomatia* e del *Limax agrestis*.

Dirò da prima dei coloranti semplici applicativi come orientamento e controllo, e poi delle colorazioni multiple e del metodo speciale, da me preferito per lo studio delle variazioni nei differenti stati funzionali.

Se si allestiscono dei preparati coi metodi ordinari, si può avere un'idea della architettura generale della ghiandola: si riconosce che gli elementi cellulari sono grandi e di varia forma, ma non si possono accertare le differenze strutturali tra i diversi elementi. Non vi si trova il tessuto connettivo, che gli autori hanno detto circondare le cellule. Queste invece appaiono munite di una membrana, ed il protoplasma si presenta debolmente colorato, con aspetto più o meno trasparente nelle singole cellule. Il nucleo centrale o laterale, molto grande, appare fortemente colorato, e di aspetto granuloso. Col carmino alluminico il protoplasma di alcune cellule si colora più intensamente, e la cavità cellulare appare come riempita da una sostanza vescicolare.

Per l'orientamento riescono assai dimostrativi i preparati ottenuti con *carmallume*. Già ad un esame a debole ingrandimento si riconoscono nella ghiandola uno stroma ed un parenchima.

Lo **stroma** è assai meno abbondante di quello che parrebbe dall'antica descrizione del Leydig. Esso è costituito da un connettivo fibrillare, che forma l'involucro della ghiandola e si addentra nella medesima seguendo particolarmente i dotti escretori, di cui forma il sostegno.

Se intorno ai più grossi condotti di escrezione si riscontra uno strato di connettivo abbastanza considerevole, si osserva altresì che il connettivo va diminuendo di mano in mano che si passa alle minori suddivisioni dei condotti anzidetti. Finissime trabecole sono certo disseminate anche nel parenchima e ne costituiscono l'impalcatura; aggiungerò ancora che verso l'estremità boccale e specialmente in vicinanza dei grossi condotti, il connettivo è notevolmente abbondante e sembra quasi costituire delle maglie in ciascuna delle quali è annidata una cellula ghiandolare; ma tale fatto è lungi dall'essere costante.

Studiando numerose sezioni seriali comprendenti le diverse parti della ghiandola, sia in direzione longitudinale che in direzione trasversa, io non ho mai potuto convincermi che ogni cellula secernente sia rivestita da uno strato di tessuto connettivo, come affermò il Leydig e ripeterono il Vogt e il Yung. Anche la colorazione di Van-Gieson, che dovrebbe permettere di distinguere il connettivo da ogni altro tessuto, non valse affatto a dimostrare l'esistenza costante del connettivo pericellulare.

Io sono inclinata a credere che gli anzidetti autori abbiano interpretato come connettivo la spessa membrana cellulare od ispessimento periferico del protoplasma degli enormi elementi secernenti. In ogni modo verso le parti centrali della ghiandola le trabecole connettive si fanno di nuovo evidenti e convergono verso i vasi sanguigni, diramazioni dell'arteria salivare, che percorre tutto l'organo nella sua lunghezza, apportando i succhi nutritizi.

Nella capsula che involge la ghiandola, e che come già si disse consta di un tenue strato di connettivo fibrillare, si osservano anche delle fibre muscolari lisce, le quali sono più appariscenti là dove le ghiandole vengono a contatto colla parete dello stomaco. In taluni luoghi anzi si vedono le fibre lisce riflettersi dalla tonaca muscolare gastro-intestinale sulla ghiandola; in altri osservansi delle fibre lisce penetrare dalla capsula dentro il parenchima. Si comprende di leggeri come queste fibre muscolari abbiano la funzione di spremere il contenuto della ghiandola e di favorire così l'eliminazione del secreto.

La ghiandola contrae inoltre delle aderenze colla parete esterna dello stomaco per mezzo di cordoni aventi una particolare struttura e che si possono interpretare come *legamenti*.

Nelle sezioni trasverse comprendenti ghiandole salivari e stomaco, si vede spesso che da un lato la ghiandola è legata allo stomaco da un cordone cellulare, costituito nella sua massima parte da enormi elementi vescicolari con spessa membrana, scarso e tenue protoplasma, nucleo piccolo reticolare. Tali grossi elementi non contengono adipe perchè non si colorano in nero coll'acido osmico; appajono affatto simili alle grandi cellule che riempiono gli interstizi tra la tonaca muscolare e la tonaca mucosa dell'intestino: sono a mio giudizio cellule connettive.

I grossi *condotti escretori*, anche quando sono ancora contenuti nel parenchima ghiandolare, presentano una tunica involgente costituita da fibre lisce e da connettivo elastico, evidentemente molto distensibile: infatti l'interno strato mucoso, quando il canale non è intieramente ripieno (nelle ghiandole delle chioccioline ibernanti) si presenta uniformemente e profondamente piegheggiato. Le pieghe non si riscontrano nei più sottili canali, quando sono fortemente distesi dal secreto. L'epitelio rivestente il lume dei condotti che sto descrivendo, consta di cellule cilindriche, con nucleo ovale vescicolare, situato verso la metà della cellula.

Le più fine suddivisioni dei condotti escretori, che si riscontrano sparse nel parenchima ghiandolare, mostrano di solito una sezione circolare e constano di un epitelio cubico, il quale appoggia sopra una membrana di sostegno; intorno a questa si riscontrano qualche volta dei grandi nuclei ovoidali, dei quali non possiamo dire se appartengono piuttosto a fibre lisce che ad elementi connettivi.

Quando si esamina una sezione della ghiandola, si rimane sempre colpiti dalla relativa scarsità dei condotti escretori in confronto allo spessore ed alla estensione del parenchima: nasce così spontanea l'idea che le numerose cellule addossate le une alle altre, a notevole distanza da evidenti canali muniti di pareti proprie, versino il loro contenuto negli inter-

stizi, donde poi passerebbero gradatamente nei canali escretori. Su questo punto però è facile cadere in errore; infatti mentre le ghiandole in riposo appaiono molto più compatte e più povere di canali escretori, quando si studiano le ghiandole in attività si riconoscono dei canalicoli escretori, il cui diametro raggiunge appena il quarto di quello di una cellula secernente, e le cui pareti sono cionondimeno tappezzate da un proprio epitelio di rivestimento, costituito da cellule appiattite talvolta anzi lamellari.

Le sezioni di siffatti minuti canalicoli di escrezione, aventi piccolissimo diametro e contorno limitato in senso trasverso da due o tre cellule soltanto, sono abbastanza numerose in rapporto colla grandezza delle cellule secernenti, così numerose da far interpretare la ghiandola salivare dei Gasteropodi come una ordinaria ghiandola a grappolo.

Per meglio determinare i rapporti fra le cellule secernenti ed i canalicoli escretori ho tentato una serie di impregnazioni colla reazione cromo-argentrica, ma fino ad ora non ho ottenuto dei risultati sufficienti a risolvere la questione.

Il *parenchima* consta in massima di elementi epiteliali aventi una grandezza enorme.

Vi sono delle cellule tondeggianti, altre evidentemente ovali, altre ancora piriformi, e di quelle che assumono aspetto poliedrico, precisamente attorno ai condotti di secrezione.

Date la forma ed il volume degli elementi, è facile comprendere come questi, nelle sezioni difficilmente possono osservarsi interi, per lo più anzi riescono tagliati in più parti, che si riscontrano in sezioni successive.

Perciò non è facile fare osservazioni esatte della grandezza reale di siffatti elementi; di solito si ottengono le misure delle *sezioni* di singole cellule, e queste misure variano a seconda del punto sul quale è caduta la sezione.

Le sezioni delle cellule tondeggianti possono presentare un diametro che va da 0,081 micromillimetri a 0,048, e può discendere fino a 0,024.

Le sezioni di cellule allungate possono invece raggiungere una lunghezza di 0,072, e scendere fino a 0,036, con una larghezza che va dal 0,043 fino a 0,016.

Questi pochi dati mi pare possano bastare a dimostrare come tali elementi cellulari, quantunque sempre molto grandi, abbiano però a presentare delle forti oscillazioni nelle loro dimensioni.

Col carmallume si riconosce pure che queste cellule sono circondate da una membrana che si colora intensamente in rosso. Nell'interno della cellula il *protoplasma*, di colore rosa pallido, ha di solito un aspetto finamente vescicolare e riempie tutta la cavità cellulare. Solo qua e là in qualche cellula vi sono delle porzioni trasparenti, incolore, come dei larghi vacuoli.

Questi *vacuoli* di grandezza variabile ed in numero diverso occupano nella cellula posizioni variabilissime. Talora sono sparsi senza legge alcuna nel mezzo del protoplasma, altre volte si trovano a ridosso della membrana. Non di rado mi occorre di osservare che questi vacuoli circondavano il nucleo, di guisa che questo si trovava unito al resto del protoplasma solo mediante sottili briglie; altre volte ancora era un solo grosso vacuolo che si appoggiava ad un lato del nucleo ed occupava una larga porzione della cavità cellulare.

Ancora col carmallume si può già riconoscere che vi sono altre cellule, nelle quali il protoplasma non offre aspetto vescicolare con o senza vacuoli, ma si presenta come una rete delicatissima a larghe ed irregolari maglie.

Riguardo al *nucleo* osserverò subito che esso non occupa una posizione fissa nella cellula. Qualche volta è centrale, altre volte laterale, talora persino a ridosso della membrana.

La grossezza del nucleo non è però sempre in rapporto colla grandezza degli elementi cellulari: esistono infatti nuclei molto grossi in cellule relativamente piccole, e nuclei di minori dimensioni in cellule appunto molto grandi.

Per esempio in una cellula ovale da una parte ed appuntita dell'altra, lunga 0,060 micromillimetri e larga 0,043, trovasi un nucleo ovale lungo 0,024 e largo 0,019. Invece in una seconda cellula, lunga 0,072 e larga 0,061, trovasi un nucleo lungo 0,015 e largo 0,012.

In altre cellule di grandi dimensioni si osservano pure dei nuclei molto grossi; in complesso posso dire che anche la grandezza del nucleo è soggetta a numerose variazioni, indipendentemente dalle dimensioni dell'intero elemento cellulare.

In questi preparati il nucleo assume però sempre una colorazione rossa intensa, con una struttura granulosa.

I nuclei degli elementi cellulari si possono meglio studiare nei preparati fissati con liquido Hermann e colorati con safranina. I nuclei si presentano di solito reticolati o granulosi. Il reticolo consta di filamenti grossi e fini, i quali si intrecciano tra di loro e presentano dei punti nodali più spessi. Quando la decolorazione si spinge un po' più innanzi, rimangono colorati solo i punti nodali, ed allora si ha l'immagine di nuclei punteggiati o granulosi.

Tutto il reticolo cromatico si tinge uniformemente in rosso intenso colla safranina; ma nel centro del nucleo, quasi costantemente, si osserva un nucleolo molto voluminoso, che si colora per lo più in lilla, ed intorno al quale sembrano convergere i filamenti cromatici rossi. In generale colla safranina i nuclei appaiono tutti molto ricchi di cromatina; — per quanto voluminosi essi sieno — nè nel periodo di digiuno, nè in quello di attività ho riscontrato nelle ghiandole adulte fatti di movimento nucleare.

I nuclei sono in generale molto uniformi per quanto diversi di grandezza, e differiscono tra di loro solo perchè taluni presentano un reticolo più compatto e più ricco di cromatina, così che difficilmente si possono distinguere i singoli fili ed i singoli punti nodali.

In altri invece il reticolo cromatico è molto più lasso, come largamente disteso da un succo nucleare. In altri ancora, specialmente nelle cellule piccole, esistono dei nuclei distintamente vescicolari, con una membrana colorabile colla safranina, dalla quale qualche volta partono dei fili cromatici che si dirigono all'interno e convergono verso alcuni grossi granuli irregolari di forma e di dimensione, sempre però intensamente colorabili colla safranina. Il nucleo, oltre che colla safranina, si può studiare assai bene anche con altri espedienti.

Nei preparati fissati con sublimato e colorati con liquido Biondi, i nuclei prendono una magnifica tinta, che varia tra il verde smeraldo ed il verde antico, mentre le formazioni nucleolari assumono uno splendido colore di rubino.

Adopero il termine di formazioni nucleolari, perchè appunto col metodo Biondi si riesce a distinguere dentro il nucleo colorato in verde, talvolta un solo grande nucleolo rosso, tal'altra si notano due nucleoli tondeggianti ed uniformi; non di rado accanto ad un nucleolo di media grandezza si riscontrano dei granuli rossi piccolissimi, variamente disseminati nel nucleo verde.

I nuclei, come già si disse, ben lungi dal presentarsi tutti eguali fra di loro, presentano anzi notevoli differenze, corrispondenti alle differenze che intercedono tra le varie categorie di elementi.

Dato il rapporto tra le varietà strutturali dei nuclei colla varia costituzione delle cellule, onde fanno parte, è evidente che i nuclei meriteranno uno studio particolare nei preparati allestiti con quei metodi che permettono di riconoscere le varie sorta di cellule. A tale scopo servono particolarmente bene i preparati ottenuti mediante la colorazione tripla da me descritta nei preliminari tecnici, consistente nel far agire dapprima una miscela di emateina e rubina (o safranina) e poi una soluzione di arancio dorato. Nelle preparazioni così allestite, meglio che in qualsiasi altra, si può dimostrare che nella ghiandola salivare esistono costantemente tre categorie di cellule, le quali differiscono tra loro, per la loro costituzione, in quanto che, oltre al presentare una diversa struttura morfologica, reagiscono in modo diverso alle sostanze coloranti. Dirò anzi di più. In preparati siffatti è facile riconoscere che le cellule del parenchima, lungi dall'essere tutte eguali, come fino ad oggi si era creduto dagli autori, appajono invece distinte in tre sorta, diversamente colorate, ed in uno stesso preparato si possono metodicamente studiare i rapporti reciproci dei diversi elementi.

A queste tre categorie ho dato i nomi di:

- 1.° *Cellule mucose*;
- 2.° *Cellule trasparenti*;
- 3.° *Cellule granulose*.

Nei preparati allestiti colla tripla colorazione da me raccomandata, si distinguono subito le *cellule mucose*, perchè il loro contenuto ha preso un bel colore indaco; le *cellule trasparenti*, perchè il loro protoplasma è debolmente colorato in giallo; le *cellule granulose*, perchè appajono ripiene di grossi granuli o sferule color di rubino.

In generale le cellule trasparenti e le cellule granulose hanno un nucleo molto più grande, più rigonfio che non le cellule mucose, e queste differenze si rilevano particolarmente nelle ghiandole in riposo, od in preparati eseguiti col metodo del Biondi.

Questo metodo è utilissimo soprattutto per lo studio dei nuclei e per dimostrare le differenze che essi presentano nelle diverse cellule. Serve pure a illustrare talune particolarità di struttura dei corpi cellulari, quantunque non faccia risaltare le differenti categorie cellulari con quella evidenza parlante che è caratteristica della colorazione tripla da me preferita.

È noto che il liquido del Biondi richiede un certo grado di acidificazione coll'acido acetico, e che questa acidificazione, come ha ben riferito M. Heidenhain (7), ha un'influenza fondamentale non soltanto sul buon esito della colorazione, ma anche sulle gradazioni di colore che si vogliono ottenere. Ma vi ha di più. Io ho potuto convincermi che il grado di acidificazione deve notevolmente variare a seconda dei diversi tessuti; ho osservato infatti che talune miscele le quali mi fornivano ottimi risultati per i mammiferi, mi davano colorazioni affatto diverse nei molluschi; ed in questi stessi animali ho accertato che le ghiandole salivari non si colorano bene con un liquido il cui punto di acidificazione era particolarmente adatto per dare buoni preparati di intestino. Lo stesso liquido, applicato alle ghiandole salivari di due diversi animali, ha dato risultati diversi a seconda che si trattava di animali ibernanti o di animali in periodo di attività.

In generale posso dire di non aver mai ottenuto colorazioni perfettamente uguali. Molte di queste differenze si spiegano quando si pensa che la ghiandola salivare dei Ga-

(7) M. HEIDENHAIN, *Ueber Kern und Protoplasma*. Koelliker's Festschrift zur Feier seines 50-jährigen Doktorjubiläum. 1887.

steropodi terrestri presenta sempre una reazione alcalina, a differenza di quanto si osserva d'ordinario in altri tessuti, per es., nello stomaco, mentre d'altra parte il grado di alcalinità della ghiandola varia a seconda che si tratta di organi in riposo od in attività.

Perciò dei risultati ottenuti col metodo del Biondi, dirò particolarmente trattando delle differenze funzionali: qui accennerò soltanto che la miscela triacida permette di distinguere le tre categorie di cellule soltanto nei preparati meglio riusciti.

Allora il muco delle *cellule mucose* assume un aspetto vitreo, come se fosse costituito dall'ordinario vetro di potassa, il cosiddetto vetro verde: il nucleo delle cellule mucose appare retratto e di un oscuro color verde antico; in giro al nucleo si nota sempre un po' di protoplasma colorato in rosso, che manda attraverso il muco qualche briglia a riunirsi col rosso orletto di protoplasma periferico.

Le *cellule trasparenti* appaiono quasi incolore con un reticolo finissimo in mezza tinta assai pallida, che passa gradatamente nel rosso del protoplasma perinucleare.

Il nucleo molto voluminoso rigonfio, granuloso, colorato in verde smeraldo, contiene diversi nucleoli di color rosso rubino.

Le *cellule granulose*, nei preparati ben riusciti col metodo del Biondi, si differenziano assai bene dagli altri elementi, perchè, mentre il loro nucleo si presenta rigonfio, granuloso e ben colorato in verde smeraldo, il loro corpo cellulare appare riempito da sferule ben individualizzate colorate in rosso grigiastro.

Però, non in tutti i preparati colorati col metodo del Biondi si riesce a distinguere perfettamente le cellule trasparenti dalle cellule mucose; specialmente nelle ghiandole in attività prolungata od esaurita, le due categorie differiscono così poco che talvolta si confondono.

Nei Limacidi le differenze fra le due categorie di cellule sono ben dimostrabili colla colorazione tripla da me preferita, ma non sono punto rivelate dal metodo Biondi. Fu appunto l'apparente incostanza dei risultati nelle diverse colorazioni il motivo che mi indusse a ricercare se le ghiandole in questione presentassero differenze corrispondenti ai vari stati funzionali. Venni così condotta a studiare come si presentano le ghiandole salivari in riposo, in attività ed in via di esaurimento.

GHIANDOLE SALIVARI IN RIPOSO.

Per studiare le ghiandole salivari in riposo, ho esaminato animali in digiuno da un intero anno, ed animali ibernanti, da uno a più mesi, chiusi nel guscio dal loro opercolo. Col metodo di colorazione tripla da me indicato, si ottengono qui elegantissime preparazioni, dimostranti colla massima evidenza, anzi coi più vivi contrasti, le tre categorie di cellule da me già accennate. Anche il metodo del Biondi, specialmente negli Elicidi, fornisce ottime preparazioni e permette di conoscere le tre sorta di elementi.

Le *cellule mucose* sono molto abbondanti, ma di solito non isolate framezzo alle altre, bensì a gruppi di sei, otto elementi ed anche di più, e si presentano straordinariamente rigonfie.

Col metodo della colorazione tripla, ciascun elemento appare occupato da una massa di muco, il cui intenso colore indaco fa singolare contrasto col giallo delle cellule trasparenti, e col rubino delle cellule granulose (Tav. IX, fig. 1).

La sostanza mucosa, che riempie queste cellule, si colora ugualmente in azzurro violaceo colla muciemateina di P. Mayer, in rosso colla tionina, in giallo colla safranina chimicamente pura di Grüber; ad un accurato esame microscopico offre l'aspetto di una densa spugna, che occupa totalmente la cellula senza lasciare vacuoli. La membrana cellulare qui è ridotta ad un sottile orletto periferico, pare diventata assai resistente e si presenta sempre molto colorata in arancio. Il *nucleo* retratto di solito, specie nella *Helix*, è come schiacciato dalla densa massa mucosa, ed appare più piccolo che non quello delle cellule trasparenti. Nei preparati eseguiti col metodo della colorazione tripla, si presenta uniformemente ed intensamente colorato in rosso porpora od in rosso violaceo, così che lascia a stento riconoscere uno od al più due nucleoli rosacei.

Col metodo del Biondi, il muco appare vitreo, cioè trasparente, verdognolo, e non lascia riconoscere una distinta struttura: invece bene si riconoscono i nuclei intensissimamente colorati in verde oscuro, con un alone più o meno ricco di protoplasma roseo, irradiante finissime trabecole attraverso la gran massa del nucleo fino alla zona rossa di protoplasma periferico.

Le *cellule trasparenti* nei preparati allestiti col metodo della colorazione tripla da me indicato, offrono un aspetto così diverso da quello delle cellule mucose (anche nelle ghiandole di chioccioline ibernanti), che si possono già distinguere a debolissimo ingrandimento.

Esse assumono infatti un bel colore chiaro, aranciato, che contrasta coll'indaco intenso delle cellule mucose; abbondano quanto queste ultime e non si presentano isolate in mezzo ad esse, ma di solito invece sono riunite in gruppi composti di un numero variabile di elementi (Tav. IX, fig. 1).

Per dare un'idea sommaria delle cellule trasparenti, in confronto colle mucose nelle ghiandole di molluschi ibernanti, si potrebbe dire che i loro corpi cellulari offrono un'analogia struttura, ma differiscono per la colorazione che assumono e per l'aspetto e la grandezza del nucleo che contengono.

Infatti anche il contenuto cellulare delle cellule trasparenti si presenta, nelle *Helix*, come una massa di solito spugnosa, talvolta granulosa, notevolmente densa e compatta, assai povera di vacuoli o di lacune: ma distingue subito dal contenuto delle cellule mucose per il suo colore giallastro aranciato, trasparente.

Solo nei *Limax*, anche in periodo di digiuno, si trova qualche rara cellula trasparente non del tutto riempita dal deutoplasma sopradetto, ma contenente invece un vacuolo di qualche volume.

La membrana cellulare anche qui presentasi ispessita e distesa; ma soprattutto notevole è il nucleo che appare molto rigonfio, vescicolare, con granulazioni intensamente colorate in azzurro indaco, e con nucleoli vari di grandezza e di numero, che contrastano per il colorito rosso purpureo.

Assai notevole è il modo di comportarsi delle cellule trasparenti nelle Elicidi rispetto alla miscela triacida del Biondi. Con questo si scopre che il corpo cellulare ha una struttura molto varia e complessa. Infatti si ravvisa innanzi tutto che, il nucleo è circondato da un alone rosso di protoplasma primitivo, analogo a quello che involge il nucleo delle cellule mucose: mentre il rimanente del corpo è costituito in qualche caso da una massa fibrillare che assume una debolissima tinta neutra o rossigna, o verdognola; in altri casi da una massa granulosa o reticolare insieme, costituita cioè da granuli irregolari, variamente riuniti fra loro da fine trabecole, di cui in certo modo costituiscono i punti nodali.

Sembra cioè che il contenuto delle cellule trasparenti sia costituito in massima da granuli che hanno una spiccata tendenza a cónfluire.

In queste cellule, il metodo Biondi colora assai elegantemente i nuclei di solito molto più grandi di quelli delle cellule mucose, e ben distinti da quelli, perchè rigonfi, vescicolari, pieni di granuli cromatinici color di smeraldo, e di nucleoli color di rubino.

Cellule granulose. — Quando si esamini anche a debolissimo ingrandimento una preparazione colorata col metodo da me suggerito, in mezzo alle cellule mucose colorate in azzurro, ed alle cellule trasparenti colorate in giallo, si riconoscono subito le cellule granulari piene zeppe di sferule rosse (Tav. IX, fig. 1).

Siffatte cellule, assai eleganti e caratteristiche, sono assai più scarse delle due categorie precedenti, e sono disseminate fra le medesime con legge varia, per lo più isolate, qualche volta appajate, assai raramente riunite in gruppi maggiori di tre elementi.

Nel periodo di riposo della ghiandola nelle *Helix* ibernanti, in quelle tenute a digiuno da lungo tempo, si incontrano sempre le cellule granulose riempite da sferule rosse ben distinte, aventi grandezza media e piuttosto uniforme di circa 2-3 micromillimetri. In mezzo alle sferule si ravvisa il nucleo, coperto spesso e quasi mascherato da quelle, ma non schiacciato: esso si riconosce anzi assai bene, perchè assume un colore indaco, che contrasta col rosso delle sferule circostanti ed anche col color purpureo del nucleo delle vicine cellule mucipare: non di rado presenta struttura reticolare, qualche volta è vescicolare, a contenuto granuloso, molto denso, indaco violaceo, con nucleoli irregolari rosso-purpurei.

Col metodo del Biondi le cellule granulose si colorano pure in modo molto caratteristico, di guisa che facilmente si riconoscono e si distinguono dagli altri elementi.

Mentre i nuclei voluminosi sono intensamente colorati in verde e mostrano solo i nucleoli colorati in rosso, le sferule, che riempiono il corpo cellulare, si colorano uniformemente in una tinta che varia dal rosso al neutro.

Ho pure studiate le ghiandole salivari in periodo di riposo, dopo averle colorate col turchino di metilene metacromatico secondo i suggerimenti dell'Unna.

Con questo metodo le *cellule mucose* offrono aspetto spugnoso e colorazione violetta, con un nucleo pure violetto, ma più intenso e con aspetto granuloso. Le *cellule trasparenti* hanno assunto la colorazione di un pallido turchese, mentre i nuclei mantengono ancora la colorazione violacea. Le *cellule granulose* contengono sferette di una colorazione brunastra.

Simili risultati, ma ancora più netti, si osservano adoperando il turchino di metilene metacromatico col procedimento da me indicato: allora mentre il muco appare come una schiuma violacea, rossigna, in mezzo alla quale il nucleo cellulare vedesi tinto in celeste, le cellule trasparenti sono rese appena visibili da una pallida colorazione turchese; le cellule granulose mostrano invece le loro sferule evidentissime colorate colla massima intensità e nettezza in azzurro nero.

Nelle *Helix* tenute in digiuno per poche settimane si trovano ancora i dotti escretori distesi dal muco, che offre la caratteristica reazione coll'emallume; invece nelle chiocciole, tenute in digiuno per parecchi mesi, o per un anno e più, i condotti escretori si presentano perfettamente vuoti di secreto; il che indica una completa sospensione dell'attività funzionale.

GHIANDOLE SALIVARI IN ATTIVITÀ.

Coi metodi già accennati ho studiato le ghiandole salivari di Elicidi e di Limacidi sorpresi durante il pasto, ed ho potuto accertare che le diverse categorie di cellule presentano notevoli variazioni rispetto agli elementi omologhi di animali in digiuno.

Risultati eccellenti io li ottenni col metodo della colorazione tripla.

Le *cellule mucose* si presentano talora isolate, ma più spesso a gruppi, in mezzo alle altre. Col metodo della colorazione tripla già a debole ingrandimento risaltano subito all'occhio, per il colore d'indaco, ma non appajono essere più abbondanti delle trasparenti (Tav. IX, fig. 2).

A forte ingrandimento si riconosce che le cellule munite di una robusta membrana, sono più o meno riempite da una sostanza con aspetto schiumoso o spugnoso, colorata in indaco, ma non già densa e compatta come nelle ghiandole in riposo, bensì molto diradata, e rarefatta da larghi vacuoli e lacune.

Queste sono appena limitate da fine trabecole mucose, così che il contenuto cellulare può presentarsi con una struttura irregolarmente reticolare (reticoli di mucina).

Il *nucleo* assume a debole ingrandimento una tinta rosso bruna.

A forte ingrandimento appare evidentemente costituito da granulazioni rosso violacee, o bruno rossiccie, molto abbondanti, in mezzo alle quali risalta evidentissimo un grosso nucleolo intensamente colorato in rosso rubino. Il nucleo è sempre circondato da un alone protoplasmatico, e la sua posizione nella cellula è assai variabile, come già dissi parlando del carmallume.

Col metodo del Biondi, specialmente nei Limacidi, le cellule mucose difficilmente si distinguono dalle cellule trasparenti, forse perchè al pari di queste sono molto rarefatte e quasi incolore. Le due categorie di cellule si possono indovinare qualche volta solo per i diversi caratteri dei loro nuclei, corrispondenti all'incirca a quelli delle omologhe cellule di ghiandole in riposo.

Le *cellule trasparenti*, abbondanti quanto le prime, in seguito alla mia colorazione tripla, offrono un aspetto tutto affatto differente, tanto che si possono già distinguere a debole ingrandimento.

Di grandezza variabile quanto le precedenti, offrono però un contenuto ben diverso. Esse hanno assunto una debole colorazione giallo-aranciata, ma risaltano per la tenuità del loro protoplasma, così che appajono affatto chiare a debole ingrandimento: di qui il nome di cellule trasparenti, che io ho creduto di dare.

Il contenuto cellulare consta qui di una sostanza quasi omogenea o lievissimamente granulosa o fibrillare, che di solito si dispone in trabecole convergenti dalla periferia verso il nucleo: si ha così una trama molto bassa di filamenti, come una delicata rete molto irregolare (Tav. IX, fig. 2).

Qualche volta si ha una zona di protoplasma periferico, poi uno spazio vuoto trasparente, attraversato solo da briglie delicate, protoplasmatiche, che congiungono il protoplasma periferico ad un'altra zona di protoplasma perinucleare.

Altre volte invece, è attorno al nucleo che troviamo un anello ben distinto di protoplasma aranciato, mentre verso la periferia non vanno che briglie delicate protoplasmatiche. Frequentemente poi in queste grandi cellule non vi sono che due, tre, o quattro esili filamenti protoplasmatici, che convergono dalla membrana al nucleo, lasciando nu-

merosi spazi chiari, o grandi vacuoli. I filamenti protoplasmatici per quanto appajano chiari ed omogenei ad una osservazione superficiale, si riconoscono finamente granulosi ad un più minuto esame.

• Bellissimi i *nuclei*, molto voluminosi e per lo più vescicolari; anche qui, dentro i nuclei troviamo delle granulazioni di un colore di indaco, di diverse dimensioni, e talora addossate le une alle altre; altre volte fra esse si riconosce una sostanza intergranulare di colore lilla pallido.

Il nucleolo risalta evidentissimo, come un rubino scintillante, in mezzo alla sostanza nucleare del color d' ametista.

Cellule granulose. — Le *cellule granulose* nelle ghiandole in attività si possono assai bene studiare tanto col metodo della colorazione tripla da me proposto, come col metodo del Biondi.

Tanto negli Elicidi, come nei Limacidi, si osserva subito mediante la colorazione tripla, che le cellule granulose sono variamente ripiene dalle note sferule, il cui colore, anzichè essere uniformemente rosso rubino, presenta qualche volta diverse gradazioni di intensità. In una stessa cellula le sferule sono di grandezza variabilissima: ora assai piccole, ora grandi persino come un nucleolo, od anche un nucleo (Tav. IX, fig. 2).

Le più forti oscillazioni di grandezza delle sferule si osservano specialmente nei Limacidi, dove talvolta accanto a minutissimi granuli si trovano grossi globi, anche maggiori dei nuclei, sparsi insieme con altre sferule di vario diametro: non mancano neppure degli enormi goccioloni isolati entro una cellula.

In generale però si osservano molte sferule di diversa grandezza, aggruppate insieme senza legge alcuna dentro una cellula: talvolta si notano numerosissime granulazioni assai minute.

Talora queste rosse sferette non riempiono totalmente la cellula, ma lasciano degli spazi tra loro, ovvero anche occupano solo parte della cellula. Gli spazi rimasti liberi appajano perfettamente trasparenti, ovvero risultano attraversati da briglie protoplasmatiche gialliccie, come qualche volta nelle cellule trasparenti.

Non è raro di vedere talune cellule nelle quali i granuli color di rubino sono separati gli uni dagli altri, e come incastonati tra le fine trabecole di protoplasma aranciato o dorato.

Col metodo Biondi, si possono assai bene studiare le variazioni cromatiche delle sferule durante il periodo di attività: le preparazioni ben riuscite sono di una rara eleganza, e presentano tutta una gamma di colori. Dentro una stessa cellula granulosa intorno al nucleo verde intenso, sparso di nucleoli rossi, si possono vedere numerosissime sferule variamente colorate: alcune oscillano tra la tinta neutra ed il color di viola; altre variano dal giallo topazio al giallo aureo, fino al più bel rosso rubino.

Ciascun granulo ha un colore diverso da quello del vicino, e per quanto si osservino numerose gradazioni di tinte, le più spiccate di queste fanno il più singolare contrasto.

I più grossi globi di solito isolati in una cellula, assumono più spesso un colore molto intenso aureo o purpureo.

Il nucleo in queste cellule si presenta come nelle precedenti.

I *condotti escretori*, anche più piccoli, appajano qui più evidenti specie colla ematosilina, perchè ripieni di muco, il quale ha assunto una colorazione violetta.

Nei pezzi trattati con Flemming o con Hermann, si osservano inoltre delle *granulazioni bruno-nerastre*, sempre minutissime, tondeggianti od irregolari, sparse senza legge

nelle cellule. Talora si trovano dei veri accumoli a fido del nucleo, ovvero nelle cavità cellulari, ma più spesso isolate indifferentemente nelle diverse categorie di cellule. Poichè queste minute granulazioni brune sono state rese evidenti soltanto quando nel fissatore entrava a fare parte l'acido osmico, ho pensato si potesse trattare di minute granulazioni adipose.

Tale è la mia opinione, ed io esprimo così il mio reperto, e non con un linguaggio più assoluto, in quanto che non ignoro come qualche cultore della moderna chimica fisiologica abbia messo in dubbio la specificità della reazione nera del grasso coll'acido osmico, e dubiti come altre sostanze, di costituzione chimica anche molto diversa da quella dei grassi, possa presentare una uguale reazione.

GHIANDOLE SALIVARI PILOCARPINATE.

Per poter studiare le ghiandole salivari in uno stato di completo esaurimento, ho pensato di fare nelle chioccioline delle iniezioni di pilocarpina, che, come si sa, ha appunto l'azione di aumentare particolarmente l'attività delle ghiandole salivari.

Come animali di esperienza mi sono valso della *Helix pomatia* e della *Helix vermicularis*. Da prima ho iniettato nel piede una soluzione di pilocarpina nelle proporzioni di 1 cg. per $\frac{1}{10}$ di acqua sterilizzata e bollita. Il liquido iniettato con una siringa di Pravaz, variava da poche gocce, ad una o due intiere siringhe di Pravaz. Gli animali sono subito usciti dal loro guscio secernendo una forte quantità di liquido schiumoso e biancastro nell'*Helix pomatia*, giallo verdastro nella *Helix vermicularis*. Hanno continuato a mostrare per delle ore una grande vivacità, anzi per lungo tempo, fissate col piede alla tavola hanno impresso dei curiosi movimenti di rotazione al guscio. Dopo 10 ore erano ancora vive; allora ho sezionato alcuni di questi animali, e fissate le ghiandole salivari.

Nelle altre chioccioline ho ripetuto l'iniezione, e dopo 24 ore erano ancora vivacissime.

Ho pensato allora di aumentare la concentrazione del liquido iniettato, ed ho adoperato delle soluzioni di pilocarpina di 1 cg. in 10 cmc. di acqua sterilizzata. Anche qui l'iniezione venne fatta colla siringa di Pravaz nel piede, ma in quantità variabile da $\frac{1}{10}$ di cmc. a 1 cmc. Gli animali hanno subito emesso una grande quantità di liquido, e poi si sono raccolte nel guscio, ma dopo tre ore le ho uccise, perchè mi parve vicina la morte. Il liquido emesso da questi animali, dopo le iniezioni, aveva reazione alcalina, poichè faceva diventare intensamente bleu la carta di tornasole arrossata. Trattato colla tionina, dava la reazione caratteristica della mucina; ma sui vetrini porta-oggetti, oltre al muco colorato in violetto, si osservavano numerosi e minuti granuli tondeggianti, con contorno fortemente rifrangente e non colorabili. Con acido solforico davano bellissimi cristalli di gesso.

Naturalmente i risultati ottenuti colla pilocarpina variano alquanto a seconda degli animali, a seconda cioè della quantità maggiore o minore di liquido che in questi io avevo iniettato.

Dirò subito che già negli esemplari dove è stato iniettato, solo per poche ore, una debole soluzione di pilocarpina, si conosce che è diminuita la quantità delle cellule mucose, diminuzione che si accentua anche più nelle ghiandole più fortemente pilocarpinate. Buoni preparati, per constatare questo fatto, si possono avere col metodo della muciemateina, e soprattutto colla colorazione tripla: emallume, rubina o safranina, auranzia.

Gia ad un esame superficiale si riconoscono qui, non più solo tre categorie di cellule, ma bensì cinque.

1.° *Cellule mucose*. — Queste, come ho detto sopra, sono apparentemente diminuite di numero. In esso il protoplasma, sempre ricacciato alla periferia, offre una tinta di un lilla rosato. Nel corpo cellulare il nucleo violetto offre una struttura alquanto variabile; ma in complesso noto che è molto rarefatto e vacuolizzato, che non nelle cellule in attività. Talora offre un aspetto granuloso, in altri casi si presenta come uno stroma di filamenti, o meglio una rete che si anastomizza, e presenta nei punti di anastomosi, dei rigonfiamenti: una rete talora finissima, in altri punti grossolana, ma sempre molto rara. Abbondano le cellule il cui contenuto mucoso è scarsissimo, riconoscibile appena come un fiocchetto sperso dentro una cellula dalle pareti flosce e vacue. Il *nucleo* si presenta costituito da una sostanza omogenea lilla-rosacea, con delle minute granulazioni tondeggianti, di colore viola, ed in mezzo incastrato un nucleolo color di rubino (Tav. IX, fig. 3).

2.° *Cellule trasparenti*, più abbondanti delle precedenti. — Anche queste si presentano fortemente vacuolizzate, anzi si può dire che le cellule qui appajono integralmente occupate da vacuoli, delimitati da tenui maglie protoplasmatiche, finissimamente granulari, che assumono una tinta giallastra. Qualche volta i vacuoli sono di dimensioni presso a poco uguali, ed allora offrono l'aspetto come di un mosaico, altre volte in mezzo a questi si presentano dei vacuoli molto più grandi. Il nucleo offre un aspetto uguale a quello delle cellule mucose (Tav. IX, fig. 3).

3.° *Cellule rosso-giallastre o cellule necrotiche*. — Anche queste sono più scarse di quelle trasparenti. Esse appajono riempite da una sostanza spugnosa piuttosto densa, rosso-giallastra, sporca ed opaca, tanto che in esse il nucleo mal colorabile rimane nascosto o seminascosto. Questo tipo di cellule, che io non ho mai trovato nelle ghiandole in attività od in riposo, è probabilmente dovuto a qualche mutazione nella composizione chimica del contenuto cellulare, causata dalla iniezione di pilocarpina: forse è avvenuta una coagulazione del protoplasma e del contenuto cellulare (mucina), coagulazione che potrebbe essere l'espressione della morte dell'elemento (Tav. IX, fig. 3).

4.° *Cellule granulose*. — Queste sono ancora più scarse, almeno in molti punti, di quelle giallo-rossastre. Le sferette sono di dimensioni variabili, ma non raggiungono però la grandezza del nucleolo o del nucleo, come nelle cellule in attività. Il colore delle sferette non è uniforme: alcune sono di un rosso sanguigno, altre tendono più al magenta. Di solito non riempiono tutta la cellula, ma rimangono degli spazi liberi, dove corrono filamenti protoplasmatici (Tav. IX, fig. 3).

5.° *Cellule idropiche*. — In mezzo ai quattro tipi di elementi sopra descritti, isolati od a gruppi di 4-5 e più, si trovano delle cellule totalmente riempite di acqua. Spicca in esse il nucleo granuloso violaceo. Queste cellule sono molto abbondanti attorno ai canali di escrezione, nei quali è passato probabilmente il loro contenuto. Difatti i canali appajono totalmente riempiti da una larga corrente di muco, il quale offre, non di rado, l'aspetto fibrillare, come se si trattasse di una massa pastosa stirata (Tav. IX, fig. 3).

La mancanza assoluta di *cariocinesi* in tutte le ghiandole salivari di Gasteropodi adulti, sieno essi in periodo di attività o di riposo, ne dimostra come la secrezione delle così dette ghiandole salivari avvenga senza distruzione di cellule.

Infatti se colla produzione abbondante del muco o di altri prodotti delle ghiandole salivari avvenisse una distruzione di elementi, si dovrebbero riscontrare dei fatti di proli-

ferazione nucleare o nei primi periodi della attività secretoria od a secrezione già avvenuta, come si verifica per altre ghiandole.

Ma poichè in nessun periodo della attività funzionale mi è riuscito di trovare delle mitosi nelle cellule secernenti, così debbo concludere che le ghiandole in questione hanno *elementi stabili*, e rientrano perciò nella categoria dei tessuti ad elementi fissi, secondo la classificazione del Bizzozzero.

CONCLUSIONE.

Per concludere non posso già riassumere tutti i dati di fatto da me riscontrati, ma debbo limitarmi a sintetizzare in poche parole i miei reperti più importanti.

Dirò dunque in massima che le ghiandole salivari dei Gasteropodi terrestri sono ghiandole acinose costituite da uno scarso *stroma* connettivo con fibre muscolari lisce, nel quale decorrono i condotti escretori, e da un *parenchima* composto di enormi cellule secretrici, le quali vanno distinte in tre categorie: *cellule mucose*, *cellule trasparenti*, *cellule granulose*.

Le *cellule mucose* sono molto abbondanti e riunite in gruppi di parecchi elementi: durante il riposo (nel digiuno prolungato per molti mesi, nella ibernazione, ecc.) esse appaiono ripiene di muco assai denso, avente l'aspetto di una spugna molto compatta; nelle ghiandole in attività il muco diventa reticolare, e in quelle pilocarpinate si fa sempre più rarefatto fino a che si riscontrano delle cellule mucose quasi completamente vuote. Ogni cellula mucosa presenta un grosso nucleo, che si colora più intensamente e diversamente dal nucleo delle altre categorie di cellule.

Le *cellule trasparenti* presentano un contenuto colorabile soltanto coi liquidi per colorazione diffusa, contenuto che appare granuloso o reticolare a maglie fittissime nelle ghiandole in riposo, rarefatto o ridotto a poche briglie nelle ghiandole in attività prolungata e più ancora in quelle pilocarpinate.

Le *cellule granulose* sono pure costanti in ogni sezione, ma meno numerose delle categorie precedenti. Sono molto caratteristiche perchè riempite da sferule di varia grandezza, che hanno una particolare affinità per i colori acidi e specialmente per rubina e safranina. Nelle ghiandole in riposo tali cellule sono meno numerose, ma più ripiene di sferule piuttosto uniformi. Nelle ghiandole in attività e specialmente in quelle pilocarpinate le sferule presentano dimensioni assai varie e varie affinità per i colori.

Infine nelle *ghiandole pilocarpinate* ho osservato, frammezzo alle precedenti, delle *cellule idropiche*, totalmente ripiene e rigonfiate da un liquido incolore, e delle *cellule necrotiche*, probabilmente derivate dalle cellule mucose per una coagulazione del contenuto.

I *nuclei* delle cellule trasparenti e delle granulose appaiono di solito vescicolari, sono più voluminosi di quelli delle cellule mucipare e si colorano diversamente. In nessuna categoria di cellule, ed in nessun periodo funzionale io ho mai osservato fenomeni di cariocinesi. Debbo quindi ammettere che la ghiandola salivare dei Gasteropodi terrestri possiede *elementi stabili*. Questi, sieno essi cellule mucipare, o cellule trasparenti, o cellule granulose, presentano delle differenze di struttura e di reazione a seconda dei diversi periodi funzionali.

TAVOLA IX.

SPIEGAZIONE DELLE FIGURE

(microscopio Koriska obb. 5 oc. 8 camera chiara di Abbe).

- Fig. 1. Ghiandola salivare di *Helix pomatia* in digiuno. Mediante la colorazione tripla si vedono le cellule mucose colorate in indaco, le trasparenti in arancio; ed una cellula granulosa ripiena di sferule rosse.
- „ 2. Ghiandola salivare di *Limax agrestis* in attività. Si vedono ancora le tre categorie di cellule: le granulose sono molto più numerose, ma non totalmente riempite dalle sferule rosse.
- „ 3. Ghiandola salivare di *Helix pomatia pilocarpinata*. Appajono qui evidenti le cinque categorie di cellule: le mucose colorate in indaco, le trasparenti in arancio, le granulose in rosso pallido, le idropiche incolori e le necrotiche rosso-giallastre.
-

R. MONTI - Struttura delle ghiandole salivari dei Gasteropodi

Memorie del R. Istituto Lombardo, Classe di sc. mat. e nat. - Vol. IX. Tav. IX.

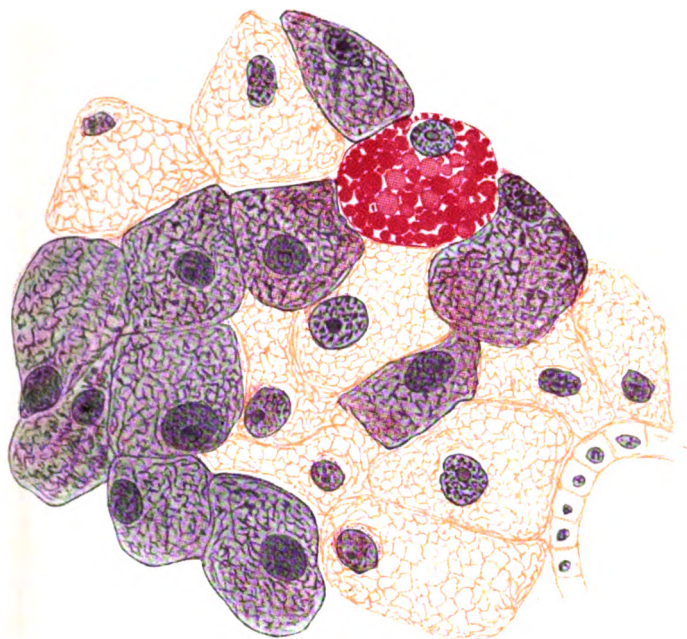


Fig. I.

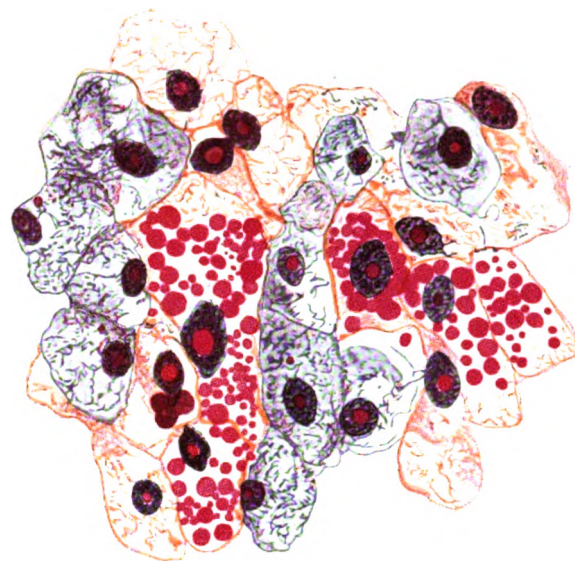


Fig. II.

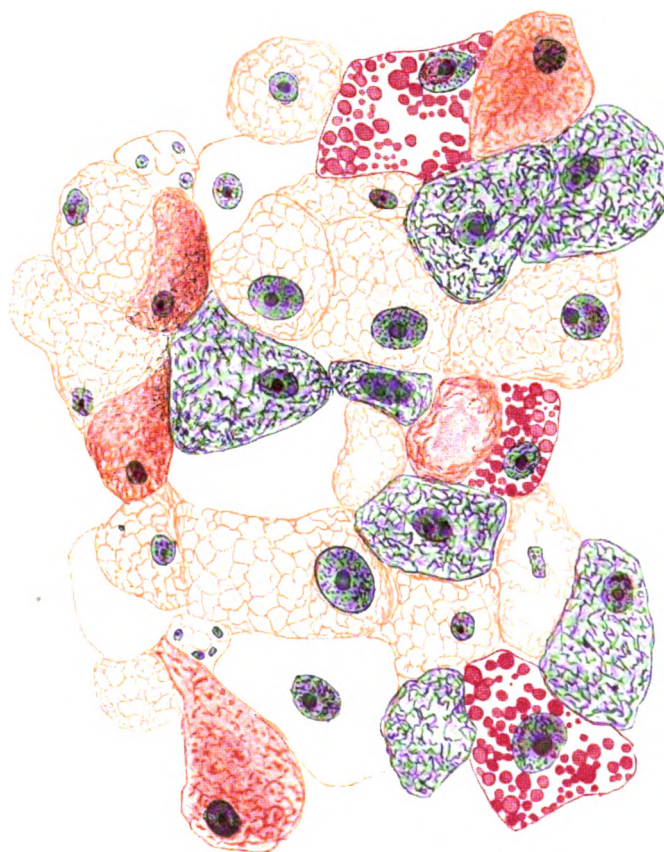


Fig. III.

SULLA GENESI DELLA FIBRINA

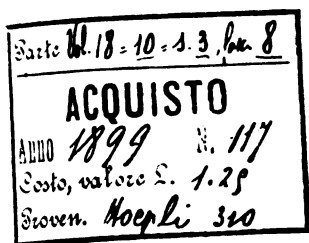
NELLE

INFIAMMAZIONI DELLA PLEURA E DEL POLMONE.

MEMORIA

del dottor MAURO JATTA

letta nella seduta del 29 marzo 1899.



LETTERATURA.



I.

La genesi della fibrina negli essudati, che si formano sulle sierose infiammate, è da lungo tempo oggetto di ricerche da parte dei patologi.

Nel 1853 I. Meyer (1), per studiare la neoformazione vasale, scelse le pseudomembrane, che egli produsse sperimentalmente nei cani, inoculando nella cavità pleurica una soluzione di 1 parte di nitrato di soda e 6 parti di acqua distillata. Egli, in questi suoi esperimenti, poté constatare, come al di sotto delle pseudomembrane l'epitelio pleurale fosse per larghi tratti ben conservato; e viene alla conclusione, che nelle infiammazioni di una sierosa con essudato plastico accade solo un parziale distacco dell'epitelio. Il Meyer notò in questi essudati, sperimentalmente prodotti, numerosi punti rossi che erano stati già osservati da altri autori e interpretati come la prima formazione dei vasi. Secondo il Meyer essi non sono altro che corpuscoli rossi che fuoriescono col plasma e vanno incontro alle stesse trasformazioni del sangue stravasato.

Il Cohnheim (2), nel 1861, studiando le infiammazioni delle sierose, descrisse una produzione ed eliminazione di fibrina, a cui si accompagna una proliferazione del connettivo. Questa proliferazione porta a un ispessimento del tessuto della sierosa. L'epitelio o soggiace al rigonfiamento torbido, degenerazione adiposa e quindi si distrugge: o viene distaccato dal connettivo proliferante e si necrotizza per mancanza di nutrimento. Noto qui come il Cohnheim nella sua fig. 1 rappresentante una pericardite di 1 giorno, disegni al di sotto dello strato di fibrina uno strato di cellule epiteliali ben conservate.

Il Rokitansky (3) nel suo trattato di anatomia patologica (3^a edizione 1855, 1^o vol. Cap. Infiammazione, pag. 135) ammette due modi di formazione degli essudati nei processi infiammatori: per versamento (Erguss) e per vegetazione del tessuto (Gewebs-Vegetation). Nelle pseudomembrane, che si formano sulle sierose infiammate, si ha appunto una formazione dell'essudato per vegetazione del tessuto normale della sierosa, il quale nel territorio di tale vegetazione perde la sua struttura fibrillare e assume una struttura jalina, gelatinosa (pag. 141).

Le pseudomembrane, dice il Rokitansky, non sono da considerarsi come una parte plastica organizzata dell'essudato, che aderisce al sostrato: esse invece sono prodotte dal sostrato medesimo, e fin dalle origini sono ad esso aderenti: *Eins mit demselben*.



Il Virchow (4) nel suo manuale di patologia speciale e terapia (Vol. 1°, pag. 73, 205 e 216) trattando dell'infiammazione e dell'idrope linfatica, combatte l'idea che gli essudati fibrinosi trasudino dal sangue. Più tardi, tornando sullo stesso argomento nelle *Gesammelte Abhandlungen* (5) (pag. 137) manifesta la stessa opinione. Egli ritiene, che gli essudati fibrinosi si formino a spese del tessuto e con ogni probabilità del tessuto connettivo. Questa origine degli essudati fibrinosi si può nel modo migliore constatare nelle infiammazioni delle sierose, specialmente della pleura e del peritoneo, quando esse sono ricoperte da uno strato di fibrina secco, ruvido, irregolare. Esso aderisce intimamente al tessuto e spesso è molto difficile constatare un limite tra questo e l'essudato: l'uno passa nell'altro e non di rado si vede l'essudato così intimamente fondersi col tessuto, che si ha l'impressione, come se l'essudato non fosse altro che *umgewandelte Interzellularsubstanz des Bindegewebes*. Questo diventa ordinariamente così omogeneo, perde così completamente il suo aspetto fibrillare, che può essere scambiato con il tessuto della cornea.

Due anni dopo, lo stesso Virchow (6) in un lavoro pubblicato nel suo archivio oppugnò ancora una volta l'opinione, che nelle infiammazioni delle sierose abbia luogo un'essudazione fibrinosa dal sangue e ritiene, che le masse fibrinose che si formano in tali casi in parte non sieno altro che lo stesso tessuto trasformato, rigonfiato.

Finalmente nel 12° Congresso internazionale di medicina, tenuto a Mosca nel 1897, il Virchow, parlando dell'infiammazione, notò il doppio significato della parola essudato ed affermò che nei processi essudativi partecipano non solamente i vasi, ma anche il parenchima. La stessa fibrina può forse essere considerata come un prodotto *des parenchymatosen Stoffwechsels*.

Il Buhl (7) non nega che negli essudati fibrinosi la fibrina possa anche formarsi dal sangue: ma le masse solide di essudato sulle sierose infiammate hanno una ben altra origine. Esse si originano dal connettivo della sierosa medesima, il quale soggiace ad una specie di proliferazione fibrinosa. Il Buhl ritiene questo processo come infiammatorio produttivo e appella le masse che vengon formate da questa proliferazione fibrinoide del connettivo *desmoider Faserstoff*. Egli distingue in queste masse due strati. La parte vicina alla sierosa è perfettamente organizzata, contiene cellule e nuclei in grande quantità, è vascularizzata e sta in *ununterscheidbarem kontinuierlichen Zusammenhange* col connettivo della sierosa. La parte superficiale appare senza vasi ed amorfa: ma in essa con una attenta osservazione si possono riconoscere nella massa areolare, spongiosa, dei nuclei colorati in rosso col carminio. Spesso l'epitelio della sierosa si trova a coprire queste masse fibrinose.

Il Wagner (8) si è occupato della formazione degli essudati fibrinosi specialmente nelle pleuriti fibrinose. Egli potè, tanto nei casi recenti, quanto in quelli di vecchia data, constatare gli epiteli al di sotto dell'essudato. Spesso questi si mostrarono rigonfiati, specialmente negli abbondanti essudati fibrinosi: in altri casi erano in tanta quantità, che il Wagner credette di ammettere una neoformazione di essi. Secondo questo autore, la fibrina forma quasi sempre una rete a maglie diversamente spesse e spazi rotondi di diversa grandezza. Egli constatò spesso una relazione degli spazi di tale rete con i vasi linfatici superficiali e ritiene inoltre, che la stessa fibrina, da cui sono costituite le maglie, sia identica con quella contenuta dentro i vasi linfatici. Il Wagner, dopo aver descritto le masse fibrinose nei casi di data antica, conchiude così: io resto fermo, dopo le mie ricerche, al vecchio concetto sull'origine della fibrina negli essudati fibrinosi; credo ancora, che la fibrina abbandoni i vasi iperemici sotto forma liquida, attraversi anche sotto forma liquida il tessuto

e gli epiteli della pleura, non solamente i cosiddetti stomi, e sulla superficie della pleura si scinda in una parte liquida e in una parte solida.

Il Rindfleisch (9) nel suo manuale d'istologia patologica descrive sulle sierose infiammate dei piccoli bottoncini (*kleinste Knöpfchen*) e nota come questi noduletti hanno una sede determinata dal decorso dei vasi sanguigni. Essi si mostrano come accumuli rotondi di una sostanza, la quale in molti punti si vede direttamente uscir fuori dai capillari e dai vasi di passaggio *wie das Harz am Tannenbaum*. Io credo, dice il Rindfleisch, che questo fatto ci spiega l'origine degli essudati fibrinosi. La fibrina degli essudati è nel fatto fibrina del sangue.

Secondo il Weigert (10) gli essudati fibrinosi delle sierose infiammate son dovuti a un processo di essudazione. Dopo avere accennato alla teoria di A. Schmidt sulla coagulazione del sangue, il Weigert dimostra come essa si applichi a tutte le formazioni di fibrina che hanno luogo nel corpo vivente. Anche sulle sierose infiammate la formazione della fibrina è dovuta alla distruzione dei leucociti, che sono i portatori di sostanza fibrinoplastica e di fermento e alla linfa essudata, che fornisce la sostanza fibrinogena. Ma perchè la coagulazione della fibrina avvenga, secondo il Weigert, è necessario che l'epitelio della sierosa si necrotizzi in una maggiore o minore estensione. È appunto nei luoghi ove l'epitelio è andato a rovina, che avviene la morte dei leucociti e formazione di fibrina. A causa della perdita dell'epitelio viene a mancare il limite tra l'essudato ed il tessuto. Quest'ultimo può anche proliferando invadere le masse fibrinose.

Il Langhans (11) ritorna invece all'opinione del Buhl. In preparati ottenuti da un caso di periorchite siero-fibrinosa, egli ha descritto e constatato una trasformazione del tessuto connettivo in fibrina. Lo stesso fatto avviene, secondo lui, nelle pleuriti fibrinose. L'epitelio di rivestimento si comporta in diversi modi: negli essudati sottili esso è alterato ma sempre al di sopra delle masse fibrinose. Il protoplasma è necrotizzato, forse *in fibrinoider Umwandlung begriffen*. Negli essudati spessi l'epitelio si trova al di sotto dell'essudato, ma sempre alterato. Secondo il Langhans la persistenza dell'epitelio al di sotto dell'essudato, deve essere spiegato per il fatto che il connettivo trasformato si è spinto al di sopra della sierosa sana coperta da epitelio.

Alla stessa conclusione arriva il Schuchardt (12) nelle sue ricerche sugli igromi sottocutanei e le sierose. Secondo questo autore in certe infiammazioni fibrinose l'essudato fibrinoso si forma nel tessuto infiammato, nelle stesse cellule del medesimo: si tratta di un processo degenerativo. Coll'aiuto del metodo di colorazione di Weigert, il Schuchardt ha potuto abbastanza chiaramente seguire come, a misura che il connettivo degeneri, in mezzo a tale tessuto alterato avvenga la formazione di fibrina.

Anche il Grawitz (13) e lo Schleiffarth (14) sostengono l'opinione, che sulle sierose infiammate l'essudato fibrinoso non si origina dal sangue, ma che sia invece un prodotto di trasformazione del connettivo della sierosa. Essi però si allontanano dal modo di vedere degli autori precedenti, che considerano l'essudato fibrinoso un prodotto della diretta degenerazione del connettivo in fibrina. Secondo il Grawitz e lo Schleiffarth, prima della definitiva trasformazione del connettivo in fibrina avviene uno stadio intermedio, il quale consiste in ciò, che nuclei e cellule si originano dal connettivo e dagli spazi linfatici. Si tratta di un risveglio delle *schlummernden Zellen und Kernen*, come il Grawitz chiama questi elementi più o meno ipotetici!

L'Hauser (15) con l'aiuto della colorazione della fibrina di Weigert seguì la prima formazione di fibrina nel tessuto connettivo in 2 casi di difterite laringea, nel tessuto inter-

stiziale del polmone, nel caso di polmonite descritto dallo Zenker, nei vasi cutanei di una erisipola cangrenosa e in un infarto bianco del rene. In tutti i casi la eliminazione della fibrina cominciò sempre all'immediata periferia delle cellule in fasi distruttive (leucociti, cellule connettivali, endoteli vasali) le quali rappresentano dei veri *Gerinnungszentren*. Secondo questo autore è indubitato che la distruzione delle cellule ha una parte importante nella formazione della fibrina. Anche sulla superficie di una pleura infiammata, secondo l'Hauser, la prima eliminazione di fibrina avviene certamente alla periferia degli epitelii alterati. In seguito si forma una rete di fibrina, nelle cui maglie si trovano numerosi leucociti i quali si distruggono. Il fermento prodotto da tale distruzione produce una coagulazione del plasma: sicchè si aumenta lo strato di fibrina già formato e si produce una membrana fibrinosa. E più tardi lo stesso Hauser (16) in un suo lavoro sulla formazione degli essudati fibrinosi nella polmonite crupale, conferma le osservazioni del Veraguth (17) il quale, nelle pneumoniti sperimentalmente prodotte nei conigli, dimostrò la genesi della rete fibrinosa dalle *kernlosen jalinen Platten*, formate dalla degenerazione dell'epitelio alveolare. L'Hauser, in polmoni umani con pneumonite crupale e nei polmoni di conigli in cui inoculò il diplococco di Fränkel, studia la genesi della fibrina e conclude che le piastre jaline, date dalla degenerazione dell'epitelio, in contatto col plasma di essudazione infiammatorio si trasformano in pseudo-membrane fibrinose. In tal modo, secondo Hauser, anche per la formazione della fibrina nell'essudato della polmonite crupale resta dimostrata la teoria di Schmidt, secondo cui la formazione di fibrina è prodotta da una scambievole azione del protoplasma cellulare e dell'essudato infiammatorio plasmatico.

Il Graser (18) studiando l'aderenza del peritoneo in seguito al taglio lungo la linea alba, notò come le superficie apparvero dopo 48 ore riunite da fitti cordoni fibrinosi. Nei punti ove le superficie erano allontanate l'una dall'altra, l'autore poté seguire la genesi della fibrina. L'endotelio era qui ben conservato per disposizione e forma delle cellule; ma la maggior parte di esse conteneva specialmente verso la sommità un accumulo di fili di fibrina. Tali endoteli contenenti fibrina sono alterati, ingrossati e difficilmente tingibili. Ove qualcuno di essi manca si trova un accumulo di fibrina, il quale spesso per la disposizione dei fili ripete manifestamente la forma della cellula. Gli endoteli che giacciono liberi, rigonfiati e con nucleo non tingibile, sono spesso circondati da un mantello di fibrina. Una serie completa di figure dimostra, che la prima formazione di fibrina avviene come un delicato deposito sulle cellule endoteliali e talvolta alcuni fili penetrano nell'interno e si spingono fino al nucleo, e alla fine l'intera cellula è sostituita da fibrina. Tutte le cellule in cui ha luogo la formazione di fibrina sono alterate: nelle normali non si forma mai fibrina. La maggior parte della fibrina, secondo Hauser, si origina dal plasma fibrinogeno dato dalle cellule, senza che queste ultime siano completamente dissolute. Questo processo è in accordo coi dati di Löwit sulla *plasmoschisi*, di Lilienfeld sulla *carioschisi* e specialmente di Hauser sui *centri di coagulazione*.

Contrariamente al Graser, il Muscatello (19) ha dimostrato sperimentalmente, che la mancanza di una lesione primitiva dell'epitelio non costituisce un impedimento alla formazione di aderenze, qualora esistano le condizioni necessarie a produrle (processo infiammatorio). Il Muscatello descrive dopo 14-24 ore la formazione di un essudato fibrinoso tra le due superficie della sierosa.

L'Apel (20) in una memoria sull'origine della fibrina sulle sierose, descrive 28 preparati, ottenuti per lo più da pleuriti fibrinose. Egli viene alla conclusione, che nelle infiammazioni delle sierose bisogna ben distinguere i processi acuti ed i processi cronici. Nelle

infiammazioni acute la fibrina si forma per un processo di essudazione: essa fuoriesce dai vasi sotto lo stato liquido, attraversa il tessuto e l'epitelio e si deposita allo stato solido sulla superficie libera. Nei suoi preparati l'Apel trovò l'epitelio al suo sito normale, al di sotto dell'essudato, alterato, staccato in molti punti, ma chiaramente riconoscibile. Egli non potè nei suoi preparati constatare una relazione tra la morte degli epitelii e la genesi della fibrina. Nelle infiammazioni croniche, tubercolosi, sarcomatosi, ecc. l'Apel non esclude una genesi della fibrina da una degenerazione del connettivo.

Spetta al Neumann (21) il merito di avere ai nostri tempi provocata una larga discussione sulla genesi della fibrina sulle sierose infiammate.

Fin dal 1880 il Neumann, in un suo lavoro sull'importanza del picrocarmino nella dottrina dell'infiammazione, sostenne l'opinione che la fibrina degli essudati che si formano sulle sierose infiammate fosse un prodotto della degenerazione del tessuto. In questi ultimi tempi egli ritorna sull'argomento e sostiene, che gli essudati fibrinosi delle sierose sieno dovuti a una degenerazione fibrinoide del connettivo. Egli lamenta che manchino metodi capaci di poter far distinguere tale fibrina dalla fibrina del sangue.

A sostegno della sua opinione il Neumann nota i seguenti fatti: — 1° Lo strato di fibrina che si forma sulle sierose infiammate fin dal principio è fuso alla membrana stessa e forma quasi una parte di questa. — 2° Nelle affezioni del polmone si produce facilmente una pleurite fibrinosa. La fibrina ha sede sulla parte della pleura che corrisponde al luogo affetto (infarto, ascesso, ecc.). Il fatto che i movimenti respiratori non han potuto smuovere tale essudato fibrinoso fa ritenere che esso fin dal principio sia attaccato alla sierosa. Lo stesso vale per gli essudati che si formano sul peritoneo in seguito a tubercolosi dell'intestino in corrispondenza della parte affetta, senza che i movimenti peristaltici riescano a smuoverlo. — 3° L'epitelio della sierosa si trova sempre a ricoprire l'essudato. — 4° Il limite tra le masse fibrinose e la sierosa non è rettilineo, come dovrebbe essere, se si trattasse di un essudato; ma è flessuoso. — 5° Il Neumann descrive una pleurite incipiente in un caso di epatizzazione del polmone (fig. 1^a). Non ancora si è formata una pellicola di fibrina: ma di tratto in tratto si mostrano masse fibrinose colorate in giallo col picrocarmino, le quali si elevano sulla superficie in forma di piccoli bottoncini. Manca uno strato epiteliale tra la fibrina e la sierosa, nè esiste un limite netto: ma le masse fibrinose si affondano nel tessuto e pare come se fossero da quest'ultimo *hervorgequollen*. — 6° Egli ha osservato e disegnato nella sua fig. 4^a una diretta trasformazione del connettivo della sierosa in nastri splendidi jalini di fibrina.

Contro l'opinione e i fatti constatati dal Neumann è insorto il Marchand (22), il quale ha studiato la formazione degli essudati fibrinosi nell'uomo in casi di pleuriti, pericarditi, peritoniti, nella difterite e nella tubercolosi. Egli afferma, che l'essudato fibrinoso si stacca facilmente dalla pleura sottostante senza portare con sè parti del tessuto pleurale. Nel caso che staccando le masse fibrinose si producano lacerazioni nel tessuto sottostante, ciò deve attribuirsi alla neoformazione vasale. In quanto all'epitelio, esso giace in principio al suo sito normale, al di sotto dell'essudato: in seguito cellule distaccate possono essere racchiuse nelle maglie della rete fibrinosa. Il limite tra l'essudato e la sierosa è rappresentato da una linea retta più o meno ondulata.

Anche l'Orth (23) combatte la dottrina del Neumann e accetta in generale i fatti constatati dal Marchand. Egli riferisce inoltre le ricerche eseguite dal suo scolaro dott. Gaylord, il quale immetteva nella cavità pleurica dei conigli fibrina coagulata e trattata col formolo. Diverse circostanze lasciarono incompiute le ricerche di Gaylord: ma l'Orth ricorda un



preparato ottenuto 14 giorni dopo l'inoculazione della fibrina coagulata nella cavità pleurica di un coniglio. La fibrina era in organizzazione e in essa si vedevano nastri omogenei, splendenti, simili a quelli descritti dal Neumann in un caso di pericardite fibrinosa produttiva, con degenerazione fibrinoide. La fibrina in questo preparato era ricoperta da uno strato di cellule a grossi nuclei, secondo l'Orth cellule epiteliali neoformate.

L'Orth è d'accordo col Marchand riguardo al modo di comportarsi e alla posizione dell'epitelio. Egli al contrario del Marchand ammette una coagulazione post-mortale, (pag. 220) a cui devesi la fine reticella fibrinosa che si trova tra una cellula epiteliale e l'altra. Egli si allontana anche dal Marchand per il fatto, che nella tubercolosi e anche nelle infiammazioni carcinomatose e sarcomatose delle sierose, l'Orth ha trovato delle figure che debbono essere spiegate come prodotti di una degenerazione del tessuto: quantunque egli creda che tale trasformazione del connettivo non sia indipendente da un essudato vasale; sotto l'azione delle sostanze essudate la sostanza intercellulare subisce una trasformazione chimica, per cui essa si rigonfia, diventa jalina e in seguito offre una reazione simile alla fibrina.

Il Neumann in un altro suo lavoro risponde alle critiche del Marchand, spiega e precisa meglio il concetto della degenerazione fibrinoide del connettivo: ribadisce i fatti da lui constatati a sostegno della sua teoria e afferma: — 1° che l'epitelio descritto dal Marchand e da altri sotto le masse fibrinose non è altro che endoteli dei vasi linfatici proliferati; — 2° che Marchand ha descritto e disegnato nelle sue figure quelle parti della sierosa risparmiate dal processo infiammatorio e nello stesso tempo ricoperte da fibrina, la cui genesi bisogna ricercare nelle parti vicine affette e colpite dalla degenerazione fibrinoide.

Anche lo Ziegler (24) oppugna la dottrina di Neumann. Egli osserva, riguardo alla tecnica, che la colorazione al picrocarmino adoperata da Neumann non basta alla netta differenziazione delle diverse parti delle sierose infiammate. Per lo studio delle prime fasi della formazione degli essudati fibrinosi, secondo lo Ziegler, si prestano bene le broncopneumoniti sotto-pleurali. L'epitelio prima o dopo si distrugge; esso può anche mostrare fenomeni di proliferazione. Se l'epitelio è distrutto, l'essudato fibrinoso è attaccato al connettivo della sierosa: ma anche in questo caso il limite tra l'essudato e il tessuto è nettamente disegnato. Negli stadi ulteriori, nel connettivo avvengono processi di proliferazione. Nelle infiammazioni acute non si riscontra mai una trasformazione fibrinoide del vecchio connettivo della sierosa colpita. Solo negli stadi avanzati della infiammazione, quando il tessuto di granulazione penetra in modo irregolare nelle masse fibrinose, il limite tra queste e il connettivo va perduto, e il connettivo e la fibrina sono così intimamente fusi fra loro, che si può questionare, se si tratti di una sostituzione della fibrina da parte del connettivo o di una trasformazione del connettivo in masse jaline.

Lo Ziegler, come l'Orth e l'Apel, non esclude nelle infiammazioni croniche una trasformazione del connettivo della sierosa in fibrina. Tale processo sarebbe dovuto al depositarsi nel connettivo di una sostanza albuminoidea coagulabile.

Il Neumann dunque ha risollevata in questi ultimi tempi una questione da lungo tempo esistente in patologia, che pareva definitivamente risolta nel senso, che la genesi della fibrina negli essudati delle sierose infiammate fosse dovuta a un processo di essudazione dai vasi sanguigni.

Qui va notato, come tanto il Neumann quanto i suoi oppositori abbiano studiato la formazione degli essudati fibrinosi sulle sierose dell'uomo. Anzi, se si toglie il lavoro del

Meyer fatto per altro scopo, la maggior parte delle ricerche esistenti su tale argomento sono state fatte su preparati umani.

A me pare che una delle cause principali delle grandi diversità di opinioni sulla formazione degli essudati fibrinosi sulle sierose deve appunto ricercarsi nel fatto, che i pezzi raccolti dal tavolo anatomico mal si prestano per questo studio; e varie ne sono le ragioni. Generalmente l'autopsia si pratica per lo meno 24 ore dopo la morte: avere in tali condizioni una buona fissazione degli elementi, come si converrebbe per apprezzamenti così delicati, non è certo la cosa più facile. Nè basta. Le infiammazioni delle sierose nell'uomo, e specialmente quelle della pleura e del pericardio, difficilmente sono primarie. Esse per lo più sono complicate ad altri processi e le alterazioni da questi prodotte possono generare non piccola confusione nell'interpretazione dei fatti, che conducono alla formazione degli essudati fibrinosi. Le infiammazioni inoltre delle sierose non uccidono l'uomo nelle loro prime manifestazioni: nè è presumibile che capitati sul tavolo dell'autopsia un cadavere, in cui una pleurite o una pericardite fibrinosa sia appena comparsa da 12-24 ore. Non è quindi senza una certa sorpresa il sentire parlare di casi recenti e di fasi iniziali in preparati ottenuti da pezzi di cadaveri umani! In tali casi, per quanto recente sia un'infiammazione, essa conta per lo più parecchi giorni di decorso: e da una parte la proliferazione connettivale e la neoformazione vasale, dall'altra le degenerazioni, a cui eventualmente il tessuto e gli epiteli possono soggiacere, complicano in tal modo il processo anatomo-patologico, che ogni giudizio può sembrare per lo meno azzardato.

A sostegno di quanto dico, ricorderò come nella 69ª riunione dei naturalisti e medici tedeschi (sezione anatomo-patologica) tenuta a Braunschweig dal 20 al 25 settembre 1897, avendo il signor Delbanco cercato di dimostrare la degenerazione fibrinoide in un caso recente di pleurite, suscitò le proteste di Marchand, Orth e Ziegler, i quali si trovarono concordi nel dichiarare, che i preparati del Delbanco non erano adatti a risolvere la quistione perchè non si trattava di un caso recente di pleurite. Eppure a nessuno sfuggirà, come in questa questione sia necessario, per stabilire con sicurezza certi fatti, non solo seguire il processo della formazione degli essudati fibrinosi dal suo primo inizio alle fasi più avanzate, ma nello stesso tempo usufruire di infiammazioni semplici delle sierose, per eliminare tutte quelle alterazioni, che, dovute ad altri processi, potrebbero generare non pochi errori. Spinto da queste considerazioni e consigliato dal prof. Golgi, ho stabilito una serie di esperimenti sugli animali, per seguire sulla pleura infiammata la formazione degli essudati fibrinosi nelle loro diverse fasi e per portare un contributo sperimentale alla grave e dibattuta questione dell'origine della fibrina in questi essudati.

E avevo già comunicato, sotto forma di nota preventiva, queste mie ricerche alla Società medico-chirurgica di Pavia [1], quando è comparso sui "Beiträge", di Ziegler un lavoro sperimentale di Abramow (25) sullo stesso argomento. L'Abramow evita la questione della genesi della fibrina negli essudati fibrinosi e si limita a una critica dei fatti constatati dal Neumann. I risultati da lui ottenuti sono in generale identici a quelli ottenuti da me ed io non posso se non constatare con piacere come i fatti da me osservati trovino la loro riconferma nelle ricerche dell'Abramow. L'Abramow ha sperimentato sui conigli, sulle cavie e sui topi, in cui produsse delle pleuriti, iniettando nella cavità pleurale una soluzione jodo-jodurata (0.2-0.3 cmc.º di una soluzione di 1 parte di jodo, 2 p. di joduro di potassio

[1] *Bollettino della Società medico-chirurgica di Pavia*, seduta 12 marzo 1898.

in 100 p. di acqua). Gli animali furono uccisi dopo 5, 7, 10, 15, 20, 30, 40 ore. I pezzi fissati in sublimato al 6 %. Nei suoi preparati quest'autore constatò che l'epitelio esisteva quasi sempre al di sotto delle membrane fibrinose: il limite tra la pleura e l'essudato, anche nei casi in cui mancava l'epitelio, si mostrò sempre ben netto. Secondo lui, la fibrina degli essudati si origina per un processo di essudazione. Nella genesi della fibrina l'Abramow dà grande importanza alla necrosi degli epitelii, alla periferia dei quali egli ha osservato la prima formazione dei fili di fibrina. Su alcuni altri fatti constatati da quest'autore nei suoi esperimenti avrò occasione di tornare in seguito.

II.

I miei esperimenti si dividono in due serie;

In una 1^a serie di ricerche ho prodotto pleuriti fibrinose in conigli e cavie, iniettando nella cavità pleurica culture di diplococco di Fränkel in brodo, alcool a 80°, soluzione all' $\frac{1}{2}$ % di jodo in acqua. Buoni risultati per produrre pleuriti con essudato schiettamente fibrinoso me li ha dati l'alcool, di cui mi son servito a preferenza ne' miei esperimenti. Ho iniettato per lo più $\frac{1}{2}$ cmc. di alcool a 80° nella cavità pleurica destra. Per evitare che colla punta dell'ago della siringa si venisse a ledere il polmone, ho praticato una piccola incisione sul torace mettendo allo scoperto uno spazio intercostale, attraversando così coll'ago solamente il sottile strato dei muscoli intercostali. Gli animali furono uccisi a diversi intervalli di tempo dopo l'inoculazione. Per fissar bene gli elementi della pleura e specialmente l'epitelio, ho iniettato, appena ucciso l'animale, abbondante liquido fissatore nella cavità pleurica e ho cercato di asportare i polmoni colla massima delicatezza.

Per ragioni che dirò poi, per fissare i pezzi mi son servito di diversi liquidi fissatori. Ho usato l'alcool assoluto, il liquido di Flemming, il liquido di Zenker, il sublimato al 7 % con cloruro di sodio, la formalina, la miscela di formalina e soluzione concentrata di acido picrico, il bicromato al 2 %. Ho fatto anche dei tentativi col liquido di Acquisti, per fissare le piastrine.

Come metodi di colorazione, oltre quello di Weigert per la fibrina, mi son servito a preferenza della doppia colorazione con ematossilina ed eosina, e della colorazione secondo Van Gieson, che sotto certi rapporti, specialmente per differenziare i tessuti, rende ottimi servigi. Ho in alcuni casi fatto uso della colorazione colla miscela del Biondi. Accennerò qui come serve bene la colorazione di Weigert per la nevrogia applicata alla colorazione della fibrina. I pezzi sono stati inclusi in paraffina e sezionati al microtomo. Le sezioni furono attaccate su vetrini coll'acqua distillata.

Una seconda serie di esperimenti è stata fatta sui galletti, in cui mediante inoculazione di alcool a 80° fu prodotta un'inflammatione del polmone. Dopo parecchi tentativi ho dovuto abbandonare l'idea di provocare nei galletti delle pleuriti fibrinose. In questi animali il polmone è così aderente agli archi costali, che riesce molto difficile poter seguire sulla pleura la formazione degli essudati fibrinosi. A complemento quindi di quello da me osservato sulla pleura dei conigli e delle cavie ho seguito la formazione degli essudati fibrinosi negli alveoli polmonari dei galletti.

Ho anche studiato lo stesso processo nel polmone di tre grossi rospi in cui ho inoculato alcool a 80° nella cavità pleuro-addominale.

Accennerò in seguito ad altri esperimenti e ai tentativi a cui sono ricorso per controllare e assodare meglio alcuni fatti osservati nella formazione della fibrina negli essudati della pleura dei conigli e degli alveoli polmonari dei galletti.

PRIMA SERIE.

Esperimenti sulla pleura dei conigli e delle cavie.

Coniglio 10 (dopo 2 ore). — Si inietta nella cavità pleurica destra di un coniglio una cultura di diplococco in brodo. Si uccide l'animale dopo 2 ore.

Il polmone destro si mostra iperemico, aumentato di consistenza.

All'esame microscopico si nota il parenchima polmonare fortemente iperemico. I capillari sono dilatati e fortemente riempiti di sangue. Gli alveoli specialmente quelli vicini alla pleura si mostrano riempiti di corpuscoli rossi ben conservati e scarsi leucociti. L'epitelio alveolare in gran parte normale, in qualche punto è distaccato e rigonfiato. La pleura si mostra anch'essa fortemente iperemica. L'epitelio pleurale in massima parte ben conservato, in qualche punto distaccato e lo spazio esistente tra di esso e il limite della pleura spesso riempito da corpuscoli rossi. La superficie della pleura è ricoperta da uno strato di corpuscoli rossi ben conservati, in cui manca quasi del tutto la presenza dei leucociti (fig. 1). Il limite della pleura è ben marcato e rettilineo: evidente la struttura fibrillare del connettivo. I corpuscoli rossi che si trovano negli alveoli e sulla pleura si colorano fortemente coll'eosina e non mostrano nessuna alterazione nè nella forma, nè nella struttura.

Coniglio 9 (dopo 6 ore). — Si inietta nella cavità pleurica di destra una cultura di diplococco in brodo. Si uccide l'animale dopo 6 ore. Il polmone mostra lo stesso aspetto iperemico del coniglio precedente.

All'esame microscopico si notano più o meno le medesime alterazioni come nel coniglio N. 10. L'iperemia e la fuoruscita dei corpuscoli rossi sono ancora più rilevanti e più diffuse. L'epitelio degli alveoli e quello della pleura in massima parte ben conservato, in alcuni punti distaccato e in fasi distruttive. La membrana limitante della pleura ben netta: evidente la struttura fibrillare del connettivo pleurale.

I corpuscoli rossi che quasi da soli riempiscono gli alveoli e ricoprono la superficie della pleura presentano delle alterazioni. Accanto a globuli rossi ben conservati (fig. 2 a) e fortemente colorati coll'eosina, ve ne sono di quelli, che assumono debolmente la colorazione (fig. 2 b), altri che si colorano debolmente solo in parte, e quelli che non si colorano affatto: dell'emazia non resta che il cosiddetto scheletro (fig. 2 c). Contemporaneamente a queste alterazioni dei corpuscoli rossi, compariscono tra di essi numerosi granuli di forma e grandezza diversa, che si colorano fortemente coll'eosina (fig. 2 d). Scarsi i leucociti tanto negli alveoli, quanto nell'essudato che ricovre la pleura.

Conigli 17, 18, 19, 20, 21, 26, 27. — In questi conigli si inietta nella cavità pleurica di destra alcool a 80° ($1/2$ cmc.) e si estirpano i polmoni dopo 1, 2, 3, 4, 5, 6 ore. Il reperto è sempre lo stesso. Macroscopicamente il polmone si mostra fortemente iperemico con focolai di epatizzazione rossa: all'esame microscopico l'unica alterazione è una grande fuoruscita di corpuscoli rossi, che quasi da soli riempiono gli alveoli e ricoprono la superficie della pleura. Questi corpuscoli rossi dopo 1, 2, 3 ore sono ben conservati: negli stadi ulteriori si alterano e tra di essi compariscono dei granuli.

Coniglio 11. — S'inietta nella cavità pleurica destra una cultura in brodo di diplococco. Si uccide dopo 8 ore.

Il polmone si mostra iperemico, epatizzato.

Il reperto miscoscopico si allontana da quelli precedenti solo per il fatto, che le alterazioni dei corpuscoli rossi, che riempiono gli alveoli e ricovrono la pleura in uno strato più o meno spesso, sono più evidenti e più diffuse. Aumentati gli scheletri, quasi tutti i corpuscoli rossi debolmente colorati, molti alterati nella forma. In questi preparati si possono seguire tutti gli stadi di scoloramento che il globulo rosso attraversa per ridursi al solo stroma, al cosiddetto scheletro. La quantità dei granuli si mostra tanto aumentata, che gli alveoli più che da corpuscoli rossi sono riempiti da granuli, in mezzo a cui esistono eritrociti fortemente alterati, frammentati, ridotti a scheletri. Lo stesso si dica per l'essudato che si trova a ricoprire la superficie della pleura. Tra questi corpuscoli rossi alterati se ne notano alcuni i quali contengono nel loro interno granuli in vario numero (da uno a parecchi). Anche questi granuli che si trovano nell'interno del globulo hanno forma e grandezza irregolare. Si colorano fortemente coll'eosina e nei preparati trattati col metodo di Weigert per la fibrina si colorano in azzurro.

L'epitelio della pleura e degli alveoli in generale ben conservato. Il limite della pleura ben marcato e rettilineo: evidente la struttura fibrillare del connettivo pleurale. Scarsi nell'essudato i leucociti (fig. 3). Nessuna formazione di fibrina.

Conigli 30, 31, 29. — In questi conigli fu inoculato $\frac{1}{2}$ cmc. di alcool a 80° nella cavità pleurica ed estirpato il polmone dopo 8-9 ore.

Si ottennero preparati identici a quelli ottenuti dal coniglio 11. L'essudato che riempie gli alveoli e ricopre la superficie della pleura è costituito da granuli e da corpuscoli rossi, i quali presentano le stesse alterazioni, che il Wlasow ha in essi descritto nei processi di coagulazione intra ed extra-vascolare.

Confrontando i preparati di questi stadi con quelli ottenuti da stadi meno avanzati, si può facilmente constatare come nell'essudato, che riempie gli alveoli e ricopre la pleura, i corpuscoli rossi alterandosi vadano scomparendo e sieno sostituiti da accumuli di granuli di forma irregolare e di varia grandezza, i quali assumono la colorazione del Weigert per la fibrina.

Sottoponendo questi preparati a forti ingrandimenti e a minuta osservazione, si possono qua e là in mezzo all'accumulo di granuli notare i resti dei globuli rossi che si sono distrutti.

I leucociti o mancano del tutto o sono in minima quantità negli essudati.

Conigli 13, 14, 15. — Per studiare le alterazioni che avvengono negli stadi più avanzati, mi sono a preferenza servito delle inoculazioni di alcool. Ho abbandonato l'inoculazione di culture di diplococco, perchè la grande emigrazione leucocitaria che avviene in queste epoche inoltrate e nello stesso tempo la presenza dei cocci in grande quantità nell'essudato complicano in tal modo il reperto, che ogni giudizio riesce quasi impossibile. Nelle infiammazioni fibrinose invece prodotte coll'alcool fino agli stadi più inoltrati la quantità dei leucociti che si trovano nell'essudato è sempre scarsa.

Raggruppo i conigli 13, 14 e 15 in cui fu inoculato $\frac{1}{2}$ cmc. di alcool a 80° nella cavità pleurica di destra e che furono uccisi dopo 10, 11, 12 ore. Il reperto da essi presentato fu quasi identico in tutti i tre casi.

I polmoni si mostrarono fortemente iperemici, molto aumentati di consistenza, epatizzati. La cavità pleurica conteneva un liquido siero-ematico.

All'esame microscopico si nota, come la quantità dei corpuscoli rossi che riempiono gli alveoli e ricoprono la superficie della pleura sia diminuita. L'essudato in molti punti ha assunto decisamente un aspetto granuloso. Qua e là si notano ancora dei globuli rossi ben conservati: ma in generale essi sono ridotti a scheletri e a resti appena riconoscibili tra gli ammassi di granuli. Questi granuli, in mezzo a cui esistono anche scarsi leucociti ben conservati, mostrano sempre una grande irregolarità di forma e di grandezza. Essi si colorano fortemente col metodo di Weigert per la fibrina. Più frequenti in questi preparati gli scheletri dei corpuscoli rossi contenenti nel loro interno uno o più granuli, che si colorano fortemente coll'eosina e col violetto di genziana nelle sezioni trattate colla colorazione del Weigert per la fibrina. L'epitelio alveolare e pleurale, in alcuni punti distaccato ed alterato, in generale è ben conservato, al suo sito normale al di sotto dell'essudato.

Anche nei punti, ove manca l'epitelio, il limite della pleura ben marcato: il connettivo normale. Scarsissima la quantità dei leucociti nell'essudato.

Conigli 16, 22, 23. — S'inocula alcool a 80° nella cavità pleurica di destra e si uccidono gli animali dopo 16, 17, 18 ore.

I polmoni si mostrano diffusamente epatizzati.

All'esame microscopico si nota la prima formazione di fili di fibrina. Non posso confermare il fatto constatato dall'Abramow nei suoi esperimenti, che il primo apparire dei fili di fibrina avvenga alla periferia degli epiteli in fasi distruttive. Nei miei preparati invece ho potuto osservare, come i primi fili di fibrina compajono qua e là in mezzo agli accumuli di granuli, da cui anche in questi stadi è costituito in massima parte l'essudato, che riempie gli alveoli polmonari e ricovre la superficie della sierosa.

I fili di fibrina in questi preparati mostrano un aspetto chiaramente granuloso. Essi sono costituiti da tanti granuli di forma e grandezza irregolari, disposti in fila (fig. 4).

Anche in questi preparati l'epitelio della pleura, benchè in alcuni punti distaccato e alterato, nella sua massima estensione è ben conservato e giace al suo sito normale, al di sotto dell'essudato. Anche nei punti ove manca l'epitelio, il limite tra l'essudato e la sierosa è ben marcato, rappresentato da una linea quasi retta. Evidente la struttura fibrillare del connettivo pleurale, sempre scarsi e ben conservati i leucociti nell'essudato.

Conigli 1, 3, 5, 6, 7. — Si inocula alcool a 80° nella cavità pleurica di destra e si uccidono gli animali dopo 21, 22, 24, 25, 26 ore.

Con poche differenze il reperto è identico per tutti. I polmoni, epatizzati, si mostrano coperti da un abbondante essudato fibrinoso: e fiocchi di fibrina si trovano liberi nella cavità pleurica riempita da un liquido sieroematico. Le masse fibrinose che ricovrono la superficie dei polmoni si staccano da questi con grande facilità e senza lacerazioni. Basta strappar via leggermente con una pinzetta per distaccare le pellicole fibrinose senza lacerazioni, senza resistenze.

Dall'esame microscopico si rileva come fibrina in grande quantità si sia formata nell'essudato che riempie gli alveoli e che ricopre la pleura. La fibrina, pur conservando in alcune parti del preparato una struttura di fili granulosi, in generale è costituita da fili, i quali, intrecciandosi tra loro, formano una rete. Nelle maglie di questa rete e tra i fili medesimi esistono accumuli di granuli, globuli rossi alterati, scheletri e residui di questi ultimi e leucociti ben conservati sempre in scarsa quantità (fig. 5).

L'epitelio alveolare e della pleura, benchè in molti punti distaccato e alterato, in generale è ben conservato e l'epitelio della pleura si trova sempre al suo sito normale, al di sotto dell'essudato fibrinoso. Nemmeno in questi stadi dai miei preparati ho potuto



constatare una relazione tra l'epitelio e la fibrina. Non è raro il caso di trovare dei punti in cui l'essudato sia separato dallo strato epiteliale da un accumulo di granuli e corpuscoli rossi alterati.

Il limite tra l'essudato e il tessuto della pleura, anche là dove manca lo strato epiteliale, è ben marcato e rappresentato da una linea leggermente ondulata. Sempre ben evidente la struttura fibrillare del connettivo della pleura.

Conigli 2, 4, 8. — S' inocula alcool a 80° nella cavità pleurica di destra e si uccidono gli animali dopo 30-31-35 ore.

I polmoni fortemente epatizzati sono coperti da essudato fibrinoso abbondante. Fiocchi di fibrina in discreta quantità esistono anche nel liquido siero-ematico che è contenuto nella cavità pleurica. L'essudato fibrinoso si distacca sempre con facilità, senza lacerazioni, dal polmone.

All'esame microscopico, tanto gli alveoli quanto la pleura mostrano un essudato ricco di fibrina. Quest'essudato fibrinoso è costituito da numerosi fili, disposti a rete, nelle cui maglie esistono globuli rossi più o meno alterati, scheletri di questi ultimi, accumuli di granuli e leucociti ben conservati e in quantità sempre disprezzabile.

L'epitelio degli alveoli e della pleura in generale ben conservato: in alcuni punti distaccato, in fasi necrotiche. L'epitelio della pleura si trovò sempre in questi preparati al suo sito normale, al di sotto dell'essudato.

Il limite tra l'essudato fibrinoso e la pleura sempre ben netto: evidente sempre la struttura fibrillare del connettivo pleurale.

Conigli 24, 25, 32, 33, 34. — Raggruppò qui questi conigli, in cui s'inoculò alcool a 80° nella cavità pleurica e furono uccisi dopo 2, 3, 4, 5 giorni.

Nei preparati ottenuti da questi stadi pregressi si può seguire l'organizzazione e l'assorbimento degli essudati fibrinosi. È notevole come in queste epoche avanzate la quantità dei leucociti aumenti e come qua e là si stabiliscano aderenze tra l'essudato ed il tessuto. Terrò conto di questi preparati in seguito.

Cavie. — Su 8 cavie ho praticato nella cavità pleurica l'inoculazione di $\frac{1}{2}$ cmc. di soluzione di jodo all' $\frac{1}{2}$ ‰ e ho ucciso gli animali dopo 2, 6, 10, 12, 15, 17, 20, 24 ore.

I preparati ottenuti sono perfettamente identici a quelli corrispondenti per epoca, dei conigli. In essi ho potuto esattamente constatare i medesimi fatti.

Cavie α , β , γ , δ . — In queste cavie ho inoculato nella cavità pleurica una cultura in brodo di tubercolosi aviaria, colla speranza di provocare un processo fibrinoso cronico sulla pleura. Dei risultati ottenuti parlerò in seguito. Noterò solamente, come in generale queste cavie morirono dopo 15 giorni e quindi i preparati non poterono servire per lo scopo da me voluto: quello di studiare la formazione degli essudati fibrinosi in una infiammazione della pleura a lungo decorso.

SECONDA SERIE.

Esperimenti sui polmoni dei galletti.

Galletti 1, 18, 34, 35. — S' inocula $\frac{1}{2}$ cmc. di alcool a 80° nella cavità pleuro-addominale di destra. Si uccidono dopo $\frac{1}{2}$ -1-1 ora $\frac{1}{2}$.

I polmoni si mostrano molto iperemici, aumentati di consistenza.

All'esame microscopico si nota una grande iperemia. Gli alveoli polmonari sono riempiti di globuli rossi, i quali sono fittamente stipati in essi e si mostrano ben conservati. Colla

doppia colorazione coll'ematossilina ed eosina il nucleo di questi eritrociti è fortemente colorato in azzurro e il protoplasma diffusamente in rosa. Non si rileva nessuna alterazione nella forma e nella struttura dei globuli rossi (fig. 6).

I vasi si mostrano dilatati e riempiti di sangue: anche nell'interstizio si nota una fuoruscita di eritrociti. I leucociti mancano quasi del tutto negli alveoli. L'epitelio è ben conservato.

Galletti 2, 4, 29. — Si uccidono dopo 3-4 ore dall'inoculazione dell'alcool.

I polmoni si mostrano fortemente iperemici, aumentati di consistenza.

All'esame microscopico gli alveoli polmonari si mostrano riempiti di corpuscoli rossi, che presentano delle alterazioni. Mentre il nucleo si colora fortemente, il protoplasma si mostra scolorato. Nè sono rari in questi preparati eritrociti in cui il nucleo è circondato da un protoplasma completamente scolorato, simile a un vacuolo. Nello stesso tempo tra gli eritrociti compajono dei granuli perfettamente identici per forma e per grandezza a quelli osservati nei preparati ottenuti dai conigli. Questi granuli si trovano anche nell'interno dei globuli rossi scolorati in vario numero (fig. 7).

I leucociti nell'essudato che riempie gli alveoli sono scarsi. L'epitelio è ben conservato.

Galletti 3, 6, 7, 33. — Si uccidono 6-7 ore dopo l'inoculazione dell'alcool.

L'essudato che riempie gli alveoli è costituito da globuli rossi fortemente alterati e da granuli di varia grandezza e forma irregolare. Questi granuli assumono la colorazione di Weigert per la fibrina. Le alterazioni dei corpuscoli rossi identiche a quelle constatate nei conigli: qui meglio evidente l'aspetto decisamente granuloso che può assumere il protoplasma (fig. 8). Nei preparati ottenuti da questi galletti si può seguire il processo di scoloramento che avviene nel globulo rosso, che finisce per ridursi al solo stroma, allo scheletro (fig. 9, 10, 11).

Sottoponendo i preparati a più forte ingrandimento, si può rilevare come in mezzo agli accumuli di granuli esistono qua e là residui di eritrociti andati a rovina.

L'epitelio è ben conservato. I leucociti scarsi negli essudati e quei pochi che vi sono non mostrano alterazione alcuna. I vasi fortemente dilatati e riempiti di sangue.

Galletti 8, 11, 9, 10, 26, 31. — Si uccidono dopo 9-12 ore dall'inoculazione di alcool.

I polmoni si mostrano iperemici, epatizzati.

Gli alveoli sono riempiti da un essudato costituito in massima parte da granuli, in mezzo a cui si trovano globuli rossi fortemente alterati, ridotti a scheletri, a detriti (fig. 11). In questi essudati, qua e là, si nota la comparsa di fili di fibrina. Questi fili di fibrina sono formati da granuli fortemente colorati in azzurro col metodo Weigert. La struttura granulosa dei fili di fibrina in questi preparati è meglio apprezzabile e più chiara che in quelli ottenuti dai conigli e dalle cavie.

I leucociti nell'essudato sono scarsi. Gli epiteli sono ben conservati.

Galletti 5, 12, 28, 43, 23, 33, 40. — Si uccidono 14-18 ore dopo l'inoculazione dell'alcool.

Gli alveoli sono riempiti da un essudato costituito da fili di fibrina, che s'intrecciano e formano una rete, nelle cui maglie esistono accumuli di granuli e corpuscoli rossi fortemente alterati. I fili di fibrina in questi preparati (fig. 12) si mostrano chiaramente costituiti di granuli disposti in fila e fortemente colorati in azzurro col metodo Weigert.

I leucociti nell'essudato sono scarsi. Gli epiteli ben conservati.

Galletti 13, 14, 18, 21, 27, 39. — Si uccidono dopo 15-20 ore.

I polmoni si mostrano epatizzati.



Gli alveoli sono riempiti da un essudato costituito in massima parte di fibrina. Tra i fili di fibrina si trovano qua e là accumoli di granuli e in mezzo ai granuli scarsi eritrociti fortemente alterati (fig. 13). I leucociti nell'essudato mancano quasi interamente. L'epitelio ben conservato.

Come si vede, i fatti osservati nella formazione degli essudati negli alveoli dei polmoni dei galletti sono perfettamente identici a quelli osservati negli alveoli e sulla pleura dei conigli.

Nell'un caso, come nell'altro, il processo che porta alla formazione dell'essudato fibrinoso può essere distinto in tre fasi. 1° Forte iperemia con essudato costituito quasi esclusivamente di corpuscoli rossi. 2° Essudato formato da granuli, con distruzione e scomparsa dei globuli rossi. 3° Essudato fibrinoso con graduale scomparsa dei granuli.

Nella serie di queste mie esperienze due quesiti hanno formato oggetto di studio:

1° La fibrina che si forma sulla pleura infiammata è fibrina di essudazione o fibrina prodotta da degenerazione del tessuto?

2° Quali sono i processi istologici che accompagnano la formazione della fibrina in tali essudati?

III.

Come risulta dall'accenno bibliografico, gli autori nella questione della genesi della fibrina sulle sierose infiammate sono divisi in due gruppi ben distinti: gli uni ritengono tale fibrina un prodotto di essudazione, gli altri invece la considerano come un prodotto della degenerazione del connettivo. Le ragioni di questi ultimi sono state ai nostri tempi sostenute dal Neumann, che non ha trascurato, a sostegno della sua dottrina, nessuno dei fatti osservati dagli altri autori.

Ho già detto come il Neumann, confermando le osservazioni di Virchow e altri, assicura che le masse fibrinose siano fin dal principio fortemente attaccate alla sierosa e fuse col tessuto della medesima. Nei miei esperimenti non ho potuto confermare tale fatto. Coll'inoculazione di cultura in brodo di diplococco, di alcool a 80°, o di soluzione di jodo al $\frac{1}{2}$ % si ottengono, dopo 18-24 ore, abbondanti essudati fibrinosi, che ricovrono interamente il polmone. Ho sempre potuto notare la grande facilità con cui questi essudati si staccano dalla pleura sottostante. Basta un leggero strappamento con una pinzetta per distaccare completamente, senza lacerazioni, senza resistenze, la pellicola di essudato che ricovre il polmone, la cui superficie resta perfettamente liscia. Spesso basta il solo passaggio dei pezzi da un liquido in un altro perchè si stacchi l'essudato.

Questo fatto trova la sua conferma nell'esame microscopico. Il limite tra la pleura e l'essudato nei miei preparati si mostrò sempre ben netto, rappresentato da una linea ben marcata. Esso, anche dopo 36-40 ore, quando la pleura è coperta da un abbondante essudato fibrinoso, è rappresentato da una linea retta. Ho tutte le ragioni per credere che il fatto constatato dal Neumann, che tale limite è sempre flessuoso, debba attribuirsi alla circostanza, che il Neumann ha avuto tra le mani preparati umani, appartenenti a casi di pleuriti non recenti. Nei miei esperimenti infatti ho potuto notare, come dopo 3-4 giorni effettivamente il limite tra l'essudato e il tessuto diventi flessuoso. Qua e là sulla pleura compariscono delle elevazioni, come piccoli bottoncini (fig. 14). La linea di demarcazione a livello di queste elevazioni viene a mancare e l'essudato qui aderisce al tessuto della pleura. Evidentemente avviene in quest'epoca una proliferazione connettivale e una neoformazione vasale, le quali, spingendosi dal tessuto della pleura nell'essudato, fanno in modo che questo

resti aderente alla sierosa. Ad ogni modo è questo un processo secondario, che non ha nulla a che fare colla genesi della fibrina e molto meno colla degenerazione fibrinoide del connettivo, il quale conserva la sua normale struttura fibrillare. Certo nei pezzi raccolti dal tavolo anatomico da pleuriti che, per quanto recenti, contano sempre parecchi giorni di decorso, questo fatto deve riscontrarsi molto spesso e deve quasi costituire la regola. L'osservazione quindi del Virchow e del Neumann, che si limitarono a studiare sui preparati ottenuti dall'uomo, è confermata dall'esperimento: ciò che non può essere accettata è l'interpretazione da essi data a questo fatto.

Nella serie dei miei esperimenti, durante i processi essudativi che portano alla formazione della fibrina, il tessuto della pleura non presentò mai alterazione alcuna. Esso conservò, anche dopo 5 giorni, la sua struttura fibrillare, apprezzabile specialmente colla colorazione secondo Van Gieson.

Qui merita di essere notato un sol fatto ed è il seguente: Nelle infiammazioni della pleura prodotte sperimentalmente fin dai primi momenti avviene una forte iperemia, con dilatazione dei vasi e fuoruscita di globuli rossi. Spesso nel connettivo della pleura ha luogo uno stravasamento di sangue, che si diffonde tra le fibre del connettivo divaricandole fortemente; soggiacendo in seguito il sangue stravasato alle ben note trasformazioni, il connettivo può in questi punti assumere un aspetto omogeneo, splendente, e colorarsi diffusamente in giallo col picrocarmino. Ho voluto notare questa circostanza, perchè mi pare che in essa si può trovare una delle tante ragioni di errore, potendo essa mentire una degenerazione del connettivo.

L'Apel, l'Orth e anche lo Ziegler, pur essendo fautori di una formazione degli essudati fibrinosi sulle sierose per un processo di essudazione dai vasi, non escludono nelle infiammazioni croniche (tubercolosi, carcinomatosi, sarcomatosi) un'origine della fibrina dal connettivo degenerato, quantunque essi interpretino questo processo in modo diverso dal Neumann. Ho tentato, coll'inoculazione di tubercolosi aviaria nella cavità pleurica delle cavie, di produrre pleuriti croniche, a lungo decorso: ma le cavie morirono dopo 15-17 giorni e i preparati ottenuti non corrisposero allo scopo voluto. Non ho quindi nessun dato di fatto per negare la possibilità ammessa da questi autori, che fibrina possa esser data in certi casi anche dal connettivo degenerato. Non posso però astenermi dal notare, come in tali casi d'infiammazioni croniche, di pleuriti secondarie ed altre affezioni, ogni apprezzamento sulla genesi della fibrina non solo è difficile, ma può sembrare azzardato: nè è possibile eliminare tante cause di errori.

Che nelle infiammazioni della pleura, dopo un lungo decorso, il connettivo degeneri e il limite tra l'essudato ed il tessuto vada perduto, nessuno può mettere in dubbio. E anche io nelle cavie in cui produssi una pleurite mediante inoculazione di cultura di tubercolosi aviaria, potetti constatare dopo 15-17 giorni lunghi tratti del connettivo pleurale divenuto omogeneo, splendente. Ma tali processi degenerativi comparivano nel connettivo, quando già da lungo tempo abbondanti masse di essudato fibrinoso si erano formate sulla pleura, indipendentemente dalla degenerazione del connettivo. Tutto quindi fa supporre, che in quei casi, in cui con formazione di essudato fibrinoso esiste una degenerazione del connettivo, questa debba considerarsi come un fatto secondario, dovuto ai disturbi nutritivi che lo stesso processo infiammatorio provoca nel tessuto: un fatto indipendente dalla formazione dell'essudato fibrinoso.

Nè credo poi che abbia molto valore il fatto osservato dal Neumann, che in diverse affezioni polmonari si formi sulla pleura un essudato fibrinoso e che questo abbia sempre

sede in corrispondenza del luogo affetto, senza che i movimenti respiratori lo spostino: il che mostra che l'essudato è attaccato al tessuto. In questi casi l'essudato è sempre secondario ed ha sede in corrispondenza del luogo affetto, perchè è appunto qui che si sviluppa un processo infiammatorio ed esistono quelle condizioni necessarie perchè un essudato fibrinoso si formi. Secondo il Neumann dunque, i trombi che si formano sulle parti lese dell'endocardio e quelli che si depositano sulle arterie alterate sono dovuti a una degenerazione del tessuto, solamente perchè la corrente sanguigna non li sposta?

Un argomento di grande importanza invocato dai diversi autori in sostegno della propria dottrina è il modo di comportarsi dell'epitelio della sierosa rispetto all'essudato.

È opportuno notare, come l'epitelio della pleura sia per sè stesso di una estrema delicatezza, secondo ha dimostrato il Muscatello (26), il quale studiando la struttura della pleura degli animali, ad evitare che l'epitelio andasse perduto nelle manipolazioni, ricorse alla fissazione in loco.

Nessuna meraviglia quindi che questo epitelio vada facilmente perduto nei processi infiammatori. In alcuni preparati, anche dopo 7-10 ore, ho trovato lo strato epiteliale distaccato in molti punti dalla sierosa, in fasi distruttive.

In molti preparati, invece, anche dopo 18-24 ore, quando la pleura era coperta da abbondante essudato fibrinoso, l'epitelio si mostrò ben conservato, nel suo sito normale, al di sotto dell'essudato.

Preparati molto belli ed istruttivi a questo riguardo mi furono dati da una cavia inoculata nella cavità pleurica con tubercolosi aviaria e uccisa dopo 12 giorni. Il polmone si mostrò coperto da un abbondante essudato fibrinoso. All'esame microscopico l'epitelio fu trovato ben conservato, quasi in strato continuo, nel suo sito normale, al di sotto dell'essudato (fig. 15).

Debbo alla gentilezza del chiarissimo prof. Monti, che ringrazio sentitamente, se ho potuto avere l'opportunità di studiare diversi casi di pleuriti fibrinose umane. Nei preparati ottenuti da due di questi casi l'epitelio, benchè qua e là distaccato e alterato, si mostrò chiaramente apprezzabile al di sotto dell'essudato (fig. 16).

Nei miei esperimenti non ho mai potuto constatare il fatto notato da Buhl e confermato dal Neumann, che l'epitelio della sierosa si trovi sempre a coprire le masse fibrinose. In tutti i miei preparati invece l'epitelio della pleura, più o meno ben conservato, si trovò sempre al suo sito normale, al di sotto delle masse fibrinose.

Il Neumann, rispondendo al Marchand, non nega che talvolta l'epitelio possa trovarsi al di sotto dell'essudato; ma in tal caso la cosa va spiegata così: o per epitelio si è scambiato uno strato di endotelio dato dalla proliferazione degli endoteli dei linfatici; oppure la parte ove esso esiste è pleura sana su cui si è spinto l'essudato fibrinoso formato per degenerazione fibrinoide del connettivo della sierosa vicina affetta.

Queste obiezioni cadono innanzi all'esperimento. Dopo 24 ore esiste un abbondante essudato sul polmone degli animali in cui fu prodotta una pleurite fibrinosa e al di sotto di quest'essudato nella maggior parte dei preparati si trova l'epitelio più o meno ben conservato. Manca nei vasi linfatici ogni accenno di proliferazione degli endoteli e sarebbe davvero strano che in sì breve tempo questi proliferando avessero prodotto uno strato cellulare capace di mentire lo strato epiteliale della pleura!

In quanto alla seconda possibilità ammessa dal Neumann, essa presuppone la degenerazione fibrinoide del connettivo, che, ripeto, non ho mai potuto constatare nella serie de' miei esperimenti.

Seguendo sperimentalmente la genesi degli essudati fibrinosi nelle loro diverse fasi, si può con ogni sicurezza assodare, come tali essudati sieno dovuti a un processo di essudazione e come alla loro genesi il tessuto della sierosa non partecipi affatto.

La fibrina in questi essudati non si mostra, come vuole il Neumann, sotto l'aspetto di zolle; ma come ha osservato anche l'Abramow, essa è costituita da fili che si intrecciano tra loro e formano una rete.

IV.

Degli autori che in questi ultimi tempi hanno studiato la formazione degli essudati fibrinosi sulle sierose, nessuno si è occupato dei processi istologici che accompagnano la genesi della fibrina in tali essudati. Essi, in generale, si sono limitati ad una critica dei fatti e della dottrina di Neumann e si sono contentati di concludere che la fibrina che si forma negli essudati delle sierose è dovuta a un processo di essudazione dai vasi. Lo stesso Abramow, che ha studiato l'argomento dal lato sperimentale, dopo aver descritto minutamente i preparati ottenuti dai suoi esperimenti, ribatte l'opinione del Neumann; ma non si pronunzia sulla genesi della fibrina negli essudati che egli produsse sperimentalmente sulla pleura dei conigli, delle cavie e dei topi: questione questa che, secondo lo Abramow, aspetta ancora il suo ricercatore.

Lascierò da parte l'opinione del Rindfleisch, il quale credette di aver potuto constatare nei suoi preparati una diretta ed immediata relazione tra la fibrina degli essudati ed i vasi.

Alcuni autori (Wagner, Apel, Abramow) affermano, che nei processi che portano alla formazione di un essudato fibrinoso sulla sierosa, la fibrina abbandoni i vasi allo stato liquido, attraversi in questo stato il tessuto e gli epiteli, e giunta sulla superficie della sierosa si depositi allo stato solido. Dirò francamente che il significato di tale opinione non è ben chiaro. Se in essa è inclusa la idea, che la fibrina esista già nel plasma normale del sangue disciolta e che, giunta sulla superficie della sierosa, precipiti per alterazioni chimiche che avvengono nel plasma medesimo, essa entra nel campo di quelle ipotesi che non possono trovare la loro spiegazione nell'osservazione microscopica. L'opinione quindi che la fibrina sia eliminata dai vasi allo stato liquido e che passi allo stato solido sulla superficie della sierosa può solamente essere accettata nel senso, che la fibrina non viene eliminata come tale dai vasi, come pretende aver osservato il Rindfleisch, ma che si forma sulla sierosa a spese del materiale eliminato dai vasi.

La questione della genesi della fibrina negli essudati delle sierose infiammate è strettamente legata a quella della coagulazione: e le idee esistenti su tale argomento hanno esercitato una grande influenza sulla spiegazione della genesi della fibrina negli essudati delle sierose.

Dopo che A. Schmidt (27), nel 1876 pubblicò il suo classico lavoro sulla coagulazione del sangue, in cui una grande importanza venne data ai leucociti come produttori del fermento e della sostanza fibrino-plastica, molti autori ritennero che il disfacimento dei leucociti fosse anche necessario perchè la fibrina si formasse negli essudati delle sierose. Ho già detto, come il Weigert, dominato dalle dottrine di Schmidt, credette che la teoria di questo ricercatore sulla coagulazione del sangue fosse senz'altro applicabile per la fibrina che si forma sulle sierose. Nei miei preparati io non ho potuto convincermi della partecipazione dei leucociti alla genesi della fibrina negli essudati. Specialmente nei casi in cui l'infiammazione fu prodotta coll'alcool, nei primi stadi e fino alla comparsa dei fili

di fibrina non potetti mai constatare una emigrazione dei leucociti nell'essudato. Essi si mostrarono sempre in quantità disprezzabile e sempre ben conservati. Un fatto questo osservato anche dall'Abramow.

È solo negli stadi avanzati, quando già la fibrina si è formata in grande quantità, che nelle maglie della rete fibrinosa si trovano accumuli di leucociti; ma anche in questa epoca essi non mostrano alcun processo di disfacimento. Ho quindi tutte le ragioni per credere, che l'infiltrazione leucocitaria che si produce negli essudati fibrinosi, nelle pleuriti non complicate a processi purulenti, è un fatto secondario, che con ogni probabilità deve mettersi in rapporto coi processi, che portano all'assorbimento degli essudati medesimi.

È specialmente nei preparati ottenuti dai polmoni dei galletti, che si vede nel modo più chiaro come ogni partecipazione dei leucociti alla formazione della fibrina debba essere esclusa. Qui meglio che sulla pleura dei conigli e delle cavie si può seguire l'essudato nelle sue diverse fasi, senza poter mai e in nessun caso notare un aumento e un disfacimento dei leucociti.

È noto come prima l'Hayem (28) e poi il Bizzozzero (29) assegnarono una parte importante nella genesi della fibrina, nella coagulazione del sangue, a quegli elementi, che il prof. Bizzozzero chiamò piastrine e considerò come un terzo elemento del sangue. Accennerò qui come una grande questione si sia sollevata intorno a queste piastrine (30). Se molti autori accettarono la dottrina del prof. Bizzozzero, altri invece negarono alle piastrine l'onore di entrare a costituire un 3° elemento del sangue, considerandole alcuni (Heyl, in generale la scuola di Schmidt, Weigert, Hlava, Halla, ecc.) come un prodotto di disfacimento dei leucociti; altri (Wlassow, Arnold, ecc.) come un prodotto di disfacimento dei corpuscoli rossi. Secondo il Löwit (31) esse sono un prodotto della globulina, e il Woolridge (32) crede che sotto il nome di piastrine vadano compresi elementi di diversa natura e specialmente quello che egli chiama fibrinogeno A e che si origina dal plasma sotto forma di granuli. Alcuni autori, come l'Eberth e Schimmelbusch (33) ed il Petrone (34), pur ammettendo l'esistenza delle piastrine come un 3° elemento del sangue, negano ad esse ogni partecipazione nella formazione della fibrina; il Petrone anzi assegna ad esse un'azione anticoagulante!

Non è mia intenzione entrare in questa importantissima questione. Quello che posso affermare è, che nella genesi della fibrina negli essudati della pleura e degli alveoli polmonari dei galletti le piastrine non prendono parte alcuna. Nei miei preparati non mi è mai riuscito di vedere accumuli di piastrine nemmeno nei primissimi stadi infiammatori. Qualcuno potrebbe obiettarmi che le piastrine in questi preparati si distruggono rapidamente e quindi non si vedono. Contro questa possibilità osserverò, come la fibrina negli essudati fibrinosi si formi con una certa lentezza e ho già detto che è solo 14-15 ore dopo l'inoculazione dell'agente infiammatorio che nell'essudato compajono i primi fili di fibrina. Ora, se realmente esistesse un rapporto tra le piastrine e la genesi della fibrina, non si saprebbe spiegare, perchè nelle ore precedenti manchino accumuli di piastrine nell'essudato: e se mancano, perchè distrutte, non si può concepire, nel caso ci fosse una relazione causale tra questa distruzione e la formazione di fibrina, perchè questa compaja nell'essudato tanto tempo dopo il disfacimento delle piastrine.

Qualcuno potrebbe anche pensare, che le piastrine fossero rappresentate dai granuli da me descritti nei primi stadi dell'essudato. Questi granuli non hanno nulla a che fare cogli elementi descritti dal Bizzozzero come piastrine, sia per la loro struttura, sia anche per una considerazione molto semplice. È risaputo che le piastrine degli uccelli e dei ba-

traci sono nucleate. Ora io tanto nei galletti, quanto nei rospi ho potuto constatare negli essudati la formazione dei granuli identici a quelli osservati negli essudati dei conigli e delle cavie.

Nè si può pensare che questi granuli rappresentassero i prodotti di disfacimento delle piastrine: 1° perchè essi molte volte sono più grossi di una piastrina; 2° perchè resterebbe inesplicabile la loro comparsa in stadi inoltrati, senza che negli stadi precedenti in cui essi mancano del tutto o sono scarsi esistono piastrine ben conservate; 3° perchè, come si vedrà in seguito, la loro origine deve essere attribuita ai processi di disfacimento dei corpuscoli rossi.

Alcuni autori nella genesi della fibrina negli essudati delle sierose hanno data grande importanza agli epiteli. Essi distruggendosi darebbero la prima spinta alla formazione della fibrina. L'Hauser non solo sulla pleura, ma anche negli alveoli polmonari vide, che la prima formazione della fibrina avveniva costantemente intorno agli epiteli, che distruggendosi produrrebbero secondo l'Hauser quel tal fermento che lo Schmidt vuole si origini dai leucociti. Il Graser nel peritoneo osservò lo stesso fatto. Anche l'Abramow, nel suo studio sperimentale, nota come la prima formazione di fibrina avvenga alla periferia degli epiteli in fasi distruttive: e, al pari dell'Hauser, disegna nelle sue figure 1 e 2 dei fili di fibrina che partono dalla periferia degli epiteli della pleura a guisa di raggi. L'Abramow crede, che probabilmente l'essudato infiammatorio attraversando l'epitelio in via di distruzione si provveda dei prodotti di disfacimento di quest'ultimo i quali producono la coagulazione.

Non posso confermare il fatto osservato dall'Hauser e dall'Abramow. Nei miei preparati non ho mai ottenuto figure simili a quelle disegnate da questi autori: nè ho potuto constatare, come regola costante, la prima formazione di fibrina alla periferia degli epiteli. In molti preparati sotto l'essudato costituito da una fitta e spessa rete di fibrina esisteva uno strato epiteliale ben conservato: spesso anzi l'essudato era diviso dall'epitelio da accumuli di granuli e corpuscoli rossi alterati. La nessuna partecipazione degli epiteli alla prima formazione di fibrina è dimostrata ancora meglio dai preparati ottenuti dai polmoni dei galletti. In questi preparati ho potuto costantemente osservare come l'epitelio alveolare anche negli stadi avanzati, quando gli alveoli sono riempiti da una fitta rete di fibrina, si conserva perfettamente integro, con nuclei ben colorati e protoplasma a contorni netti (fig. 13).

A sostegno di quanto ho osservato nei miei esperimenti ricorderò come il Muscatello contrariamente al Graser, vide formarsi un essudato fibrinoso tra due superficie peritoneali rivestite da epitelio integro.

Certo non nego che fili di fibrina possano depositarsi alla periferia di epiteli in fasi distruttive. Questo però è un fatto accidentale e non costante, che non ha nulla a che fare colla genesi della fibrina negli essudati fibrinosi che si formano sulla pleura e negli alveoli polmonari.

Dai preparati ottenuti dalla serie dei miei esperimenti sono dunque autorizzato ad escludere come generatori di fibrina, negli essudati della pleura dei conigli e delle cavie e degli alveoli polmonari dei galletti, i leucociti, le piastrine, gli epiteli. Restano quindi tre possibilità: o la fibrina vien data dai globuli rossi, o dal plasma, o dall'uno e l'altro di questi elementi.

Secondo l'Eberth e Schimmelbusch la fibrina è un prodotto di cristallizzazione del plasma sanguigno. Il Wooldridge opina che la fibrina possa formarsi dal solo plasma (fibrinogeno A).

Ho tentato diversi espedienti per poter separare il plasma completamente dagli elementi cellulari del sangue e poter quindi vedere se il plasma da sè solo fosse capace di produrre fibrina. Dirò francamente che i miei tentativi in questo senso sono riusciti poco dimostrativi.

Esclusa la possibilità di poter isolare il plasma dal sangue appena estratto dai vasi, prima che avvenisse la coagulazione, ho reso incoagulabile il sangue nei cani, mediante inoculazione di peptone nelle vene, e ho filtrato questo sangue attraverso il filtro di Chamberland. Questa operazione non sempre riesce per la ragione seguente. Coll'inoculazione del peptone non si ottiene sempre e in tutti i casi un sangue che resti incoagulabile per lo stesso tempo. E mentre alcuni autori affermano che iniettando una dose di 0 gr. 30 a 0 gr. 50 di soluzione all' $\frac{1}{10}$ di peptone Witt in acqua salata all' $\frac{1}{1000}$ per ogni chilogrammo del peso dell'animale, il sangue estratto dai vasi può mantenersi liquido per 24-36-48 ore, a me molte volte è capitato di vedere coagulare questo sangue dopo un tempo molto minore. Ho dovuto quindi sacrificare parecchi cani per riuscire due volte a ottenere un sangue che è restato liquido per 24 ore e mediante filtrazione ho potuto ottenere un plasma privo di elementi corpuscolari.

Afferma il Wooldridge che il sangue peptonizzato, reso libero dagli elementi cellulari, dà fibrina, se è diluito con acqua o acidificato con acido carbonico o acido acetico. Non ho potuto confermare tale risultato. Nel plasma di cane peptonizzato, separato dagli elementi cellulari mediante il filtro di Chamberland, non ho mai ottenuta la coagulazione, nè colla diluizione coll'acqua, nè coll'acidificazione mediante acido carbonico o acido acetico.

A questo esperimento non intendo dare altro valore, se non quello di mettere in dubbio il fatto osservato dal Wooldridge, a cui, se fosse vero ed esattamente dimostrato, non si potrebbe negare una grande importanza, per farci ritenere possibile la formazione di fibrina per sola azione del plasma sanguigno.

Nè in questo senso ha valore il fatto che capita spesso di osservare: vale a dire di liquidi estratti dal cavo pleurico, apparentemente di aspetto sieroso, che coagulano spontaneamente, abbandonati a sè stessi. In questi liquidi dovuti a un processo infiammatorio, non si può escludere la presenza dei prodotti di disfacimento degli elementi figurati del sangue, che dai vasi, per essudazione, arrivano in essi. È importante invece il fatto, che i liquidi schiettamente sierosi, che si formano in condizioni non infiammatorie, non danno mai fibrina.

Nella serie dei miei esperimenti, fin dal principio fui fortemente impressionato dal fatto che, in seguito all'inoculazione di diplococco o di alcool, la prima alterazione che si manifesta nella pleura e nel polmone è una grande iperemia. I vasi si mostrano fortemente dilatati e riempiti di sangue e già dopo 1 ora corpuscoli rossi infiltrano la pleura, ne ricovrono la superficie e riempiono gli alveoli polmonari. Questi corpuscoli rossi nei primi stadi si mostrano ben conservati e si colorano fortemente in rosa coll'eosina. Coll'andare del tempo essi soggiacciono a una specie di scoloramento, assumono debolmente il colore coll'eosina, mostrano parti perfettamente scolorate e alla fine si riducono al solo stroma, allo scheletro. E nello stesso tempo che queste alterazioni si manifestano negli eritrociti, tra di essi compariscono granuli di forma irregolare, di varia grandezza, che si colorano fortemente coll'eosina e assumono la colorazione di Weigert per la fibrina. Questi granuli si trovano anche nell'interno dei corpuscoli rossi scolorati.

L'Abramow nei suoi esperimenti ha notato i medesimi fatti.



È stato solo in questi ultimi tempi che da alcuni autori si è attribuita nella coagulazione del sangue una certa importanza alla distruzione dei corpuscoli rossi.

Un lavoro molto importante e completo su questo argomento è quello del Wlassow (35). Egli ha studiato la coagulazione del sangue extra ed intravascolare e ha minutamente descritto le alterazioni a cui soggiacciono gli eritrociti in questo processo. Dopo aver diffusamente descritto lo scoloramento del globulo rosso, la formazione degli scheletri e la comparsa di granuli, che si trovano in diverso aggruppamento anche all'interno degli eritrociti scolorati, il Wlassow conchiude così. Nella coagulazione del sangue i corpuscoli rossi si distruggono e i prodotti di questa distruzione (pag. 547) sono: *a*) una massa finamente granulosa, *b*) una speciale sostanza scolorata, che si elimina dal globulo rosso sotto forma di granuli grossolani, che si colorano come i fili di fibrina da poco formati e le piastrine.

Anche l'Arnold (36) descrive nella coagulazione del sangue le medesime alterazioni nei globuli rossi e conclude, che gli elementi descritti come piastrine sieno appunto prodotti del disfacimento delle emazie. In questo lavoro l'Arnold critica le osservazioni dello Scherer, su cui sarò costretto a tornare in seguito.

Contemporaneamente all'Arnold, l'Israel e il Pappenheim (37) si occuparono del medesimo argomento e vennero ai medesimi risultati.

Più tardi l'Arnold (38) in un altro lavoro, studiando sul mesenterio di animali, afferma di aver visto nel sangue circolante i corpuscoli rossi distruggersi e dare origine a elementi, secondo lui, analoghi alle piastrine del Bizzozero.

E qui finalmente meritano di essere ricordate alcune ricerche di *Franz Müller* (39). Questo autore, mediante asportazione di un pezzetto di iride, produsse nei conigli uno stravasamento di sangue nella camera anteriore. Egli studiò, a diversi intervalli, le alterazioni degli eritrociti in questi stravasi, confermando i risultati del Wlassow. Anch'egli descrive scheletri con contorno debolmente colorato, spesso contenenti figure le più svariate, formate da granuli e fili; ed eritrociti frammentati che si presentano come accumuli di granuli. Il Müller conclude che i corpuscoli rossi partecipano evidentemente alla formazione della fibrina.

Negli essudati, che io ho prodotto sperimentalmente sulla pleura dei conigli e cavie e negli alveoli polmonari di galletti, i corpuscoli rossi, che quasi esclusivamente costituiscono l'essudato nelle sue primissime fasi, presentano le medesime alterazioni. Basta seguire i preparati ottenuti a diversi intervalli, per trarne la convinzione che i granuli, da cui è costituito nella massima parte l'essudato nelle fasi più avanzate, sono formati a spese dei corpuscoli rossi che si distruggono. Il loro comparire a misura che i corpuscoli rossi si alterano, il loro primo accumularsi alla periferia degli eritrociti scolorati o ridotti a scheletri, la loro presenza nell'interno dei globuli, il loro graduale sostituirsi in stadi più avanzati alle emazie che si alterano e scompajono, l'esistenza dei frammenti, scheletri e residui dei corpuscoli rossi in mezzo agli accumuli di questi granuli: son tutti fatti che parlano a favore della loro origine dai globuli rossi. Certo il sospetto che essi possano anche formarsi dal plasma non può essere eliminato. Tale dubbio potrebbe essere rimosso solamente nel caso che fosse possibile isolare i corpuscoli rossi completamente dal plasma. A tale scopo ho fatto dei tentativi, di cui riferirò brevemente i risultati, perchè, se essi non corrisposero allo scopo che m'ero prefisso, d'altra parte non mancano di una certa importanza.

Usufruendo di grossi coaguli, ottenuti dal salasso di cavallo, ho cercato di aspirare con una pipetta dalla parte profonda del coagulo gli eritrociti, che come è noto si raccol-



gono qui in grande quantità. Ho riempito con questo liquido aspirato dei tubetti di celloidina che chiudevo ermeticamente e mettevo sotto la cute o nella cavità peritoneale dei conigli. Ho raccolto una serie di preparati ottenuti da questi tubetti, che venivano tolti a diversi intervalli, fissati e tagliati al microtomo. In essi ho potuto constatare, come i corpuscoli rossi, in principio ben conservati, soggiacciono alle medesime alterazioni riscontrate negli essudati. A poco a poco gli eritrociti cedevano il posto ai granuli, che in alcuni stadi riempivano quasi da soli i tubetti di celloidina. A questi esperimenti non do altro valore se non di confermare i fatti da me constatati negli essudati. In essi lo scopo di eliminare perfettamente il plasma non è certo raggiunto, se si considera: 1° che di plasma sono imbevuti i corpuscoli rossi accumulati nella parte profonda del coagulo e che plasma quindi, benchè in minima quantità, viene immesso con essi nei tubetti di celloidina; 2° che non può escludersi la possibilità, che, una volta introdotti nell'animale, plasma arrivi nei tubetti attraverso le pareti. Anzi alcune esperienze fanno ritenere molto probabile tale possibilità.

Ad ogni modo da tutto l'insieme dei fatti osservati non si può negare che questi granuli, almeno nella maggior parte, si originino dai corpuscoli rossi.

Aggiungerò qui, come abbia studiato il processo di coagulazione dentro i vasi, per vedere se anche in questo caso presentassero i corpuscoli rossi le medesime alterazioni. Ho scelto la vena ascellare dei galletti ed ho praticato la doppia legatura. Contrariamente a quanto affermano parecchi autori, nella porzione di un vaso compresa tra due legature il sangue coagula. In questi casi però la formazione della fibrina avviene con estrema lentezza. Ne' miei preparati ho quasi sempre potuto osservare che la prima comparsa di fibrina avviene nella parte centrale del vaso medesimo.

Nella figura 17, che rappresenta un preparato ottenuto da un vaso di galletto legato tra due punti e osservato dopo 20 ore, si può vedere, come addossati alla parete del vaso si trovino corpuscoli rossi in generale ben conservati, qua e là qualcuno con protoplasma granuloso fortemente colorato dalla colorazione del Weigert: e come progredendo verso il centro i corpuscoli rossi assumano sempre più l'aspetto di scheletri e scompaiano, lasciando degli spazi riempiti da granuli e fili di fibrina, in mezzo a cui, a forte ingrandimento, si possono ancora riconoscere residui degli eritrociti.

Accennerò qui, come il signor Negri, in questo stesso Istituto, studiando la coagulazione del sangue dei polli mediante sbattitura con crini, che egli fissava e includeva in paraffina, mi ha gentilmente mostrato dei preparati simili a quelli da me ottenuti, in alcuni stadi, dai polmoni dei galletti. Mi auguro, che il Negri voglia continuare i suoi studi e che, allargando il campo degli esperimenti, voglia portare un largo contributo di fatti ai processi istologici, che accompagnano la formazione della fibrina nella coagulazione del sangue, la quale, anche come processo chimico, deve nelle alterazioni degli elementi istologi trovare le sue basi e la sua genesi.

Dimostrato così, come i granuli, da cui sono costituiti gli essudati quasi esclusivamente in alcuni stadi della loro formazione, siano dovuti, per lo meno in massima parte, ai processi di distruzione dei corpuscoli rossi: resta di più difficile soluzione la questione, se realmente questi granuli rappresentino il primo sostrato della fibrina.

Per quanto si cerchi di seguire attentamente in molti preparati la genesi della fibrina, non si può certo colpire con osservazione diretta il suo intimo meccanismo di formazione. Io quindi mi limito solamente a notare dei fatti, che rendono molto probabile l'opinione, che effettivamente la fibrina trovi nei granuli il suo substrato.

Tra questi fatti merita di essere notato, come il più importante, quello da me costantemente riscontrato negli essudati e da altri autori (Wlassow, Abramow, Müller) osservato nella coagulazione del sangue: cioè che questi granuli assumono fortemente la colorazione di Weigert per la fibrina e in generale restano colorati da tutte quelle sostanze (eosina, fucsina, ecc.) che colorano la fibrina.

Il Wlassow osservò nelle sue ricerche sulla coagulazione del sangue ed io ho potuto confermare nei miei preparati e specialmente negli essudati che si formano negli alveoli polmonari dei galletti, che la fibrina nel suo primo comparire ha una struttura granulosa. I primi fili di fibrina risultano costituiti da granuli fortemente colorati.

Nè si può negare una certa importanza al fatto, che nei miei esperimenti la formazione di fibrina fu costantemente preceduta da un accumulo di granuli, che in alcuni stadi quasi da soli costituivano l'essudato: e che negli stadi, in cui la fibrina si era formata in grande quantità, tali granuli scomparivano quasi del tutto.

Tutti questi fatti, riuniti insieme, giustificano l'idea che i granuli, dovuti in massima parte al disfacimento dei corpuscoli rossi, abbiano una parte importante nella genesi della fibrina. Che questi granuli poi formino la fibrina colla diretta partecipazione del plasma non si può escludere con dati sicuri: che anzi, stando sempre nel campo delle ipotesi, è un fatto che bisogna ritenere molto probabile. Nello stesso modo non può essere esclusa *a priori* e per esperimenti che non realizzano sempre le condizioni volute dai ricercatori la possibilità che la formazione della fibrina sia in realtà un processo molto più semplice di quanto i lavori esistenti sulla coagulazione e specialmente quelli sulla parte chimica della medesima possano far supporre.

A sostegno dell'opinione, che esista una stretta relazione tra la distruzione dei corpuscoli rossi e la formazione della fibrina, ricorderò come Heinz (40), inoculando negli animali sostanze che distruggono le emazie, produsse dei trombi.

Il Petrone (41) in uno studio molto dettagliato sull'azione di diverse sostanze chimiche sul sangue dentro e fuori i vasi, ha potuto constatare, come le sostanze che favoriscono la coagulazione producano una distruzione dei corpuscoli rossi, mentre invece in quelle sostanze, che impediscono o ritardano la coagulazione, gli eritrociti si mostrino ben conservati.

Il Salvioli (42) nelle sue ricerche sulle modificazioni del sangue per effetto del peptone constatò, che il sangue di cane sotto l'azione del peptone subisce delle profonde modificazioni, per cui il suo siero diventa atto a conservare meglio tanto le proprie emazie, come quelle del coniglio che nel siero normale di cane si sciolgono rapidamente.

Molti autori, come il Welti (43) e il Silbermann (44), descrissero nelle scottature alterazioni dei corpuscoli rossi, e attribuirono ad esse la formazione dei trombi, che avviene nelle scottature e, secondo questi autori, sarebbe la causa della morte.

Non posso non accennare qui, come lo Scherer (45), nel 1896, dopo aver ricordati gli elementi dal Brücke descritti come zooide ed oekoide, oppugnò i fatti constatati dal Wlassow e venne alla conclusione, che la disorganizzazione dei corpuscoli rossi descritta come tipica della coagulazione del sangue debba attribuirsi all'azione dei reagenti sul sangue medesimo. Non entro nella questione se gli elementi descritti dal Wlassow e da altri come prodotti di disgregazione dei corpuscoli rossi sieno simili allo zooide ed oekoide del Brücke, come vuole lo Scherer. Quello che non posso accettare è, che tali elementi sieno un prodotto dei liquidi fissatori. In tal caso io non saprei spiegarmi, perchè nei miei esperimenti nei primi stadi io abbia trovato negli essudati emazie ben conservate e perchè,

usando sempre gli stessi fissatori, coll'andare innanzi aumenti da una parte la quantità dei granuli e dall'altra gli scheletri diventino più numerosi. Ho già accennato come son ricorso all'uso di numerosi liquidi fissatori. Le alterazioni da me riscontrate nei corpuscoli rossi si sono mostrate sempre le stesse, anche in preparati ottenuti da pezzi fissati in liquidi che conservano bene il sangue. È vero che il sublimato può alterare i corpuscoli rossi: ma osservando il sangue appena estratto dai vasi in sublimato al 7‰ e in liquido di Zenker, non ho mai potuto nelle emazie constatare quelle alterazioni che in esse si notano negli essudati.

Dalla serie dei miei esperimenti sui conigli, cavie e galletti si può dunque constatare come la genesi della fibrina tanto negli essudati pleurici, quanto negli essudati alveolari, sia dovuta a un processo di essudazione dai vasi. Questo processo di essudazione può essere diviso in tre stadi:

1° Fuoriuscita di corpuscoli rossi dai vasi iperemici e loro accumulo sulla pleura e negli alveoli.

2° Formazione di granuli a spese del disfacimento dei corpuscoli rossi, che scompajono e sono sostituiti da questi granuli, da cui in questo secondo stadio risulta quasi esclusivamente costituito l'essudato.

3° Formazione di fili di fibrina, che nei primi momenti hanno una struttura evidentemente granulosa, e graduale scomparsa dai granuli.

Che tra questi diversi stadi vi sia una stretta relazione causale non credo si possa mettere in dubbio: o per lo meno molti fatti parlano a favore di essa. Resta sempre un'incognita: la parte che possibilmente può prendere nella formazione della fibrina il plasma sanguigno. Ma questa circostanza non può menomare l'importanza dei fatti osservati e la parte principale che dal punto di vista istologico deve attribuirsi alle alterazioni dei corpuscoli rossi nella formazione degli essudati fibrinosi.

CONCLUSIONI.

Dai fatti quindi constatati si possono ricavare le seguenti conclusioni generali:

1° La fibrina che si forma sulla pleura dei conigli e delle cavie, e negli alveoli polmonari dei galletti è fibrina di essudazione, alla cui genesi il connettivo e gli epiteli non partecipano affatto.

2° La fibrina che si forma in questi essudati è con tutta probabilità dovuta a un processo analogo a quello che ha luogo nella coagulazione del sangue.

3° Nella formazione di tali essudati fibrinosi deve essere esclusa ogni partecipazione dei leucociti e delle piastrine.

4° Nella formazione degli essudati fibrinosi ai corpuscoli rossi deve attribuirsi senza dubbio una parte importante.

5° Resta non ben dimostrato il fatto, se il plasma sanguigno partecipi alla formazione della fibrina.

Al prof. Golgi, che in queste ricerche mi è stato largo di ajuti e consigli, rendo vivissimi ringraziamenti.

BIBLIOGRAFIA.

- (1) J. MEYER. *Ueber die Neubildung von Blutgefässen in plastischen Exsudaten seröser Membranen und in Hautwunden. Charité-Annalen, IV. Jahrgang*, 1853.
- (2) J. COHNHEIM. *Ueber die Entzündung seröser Häute*, in *Virchow Arch.* Bd. XXII, 1861.
- (3) ROKITANSKY. *Lehrbuch der pathologischen Anatomie*. 1885, Bd. I.
- (4) VIRCHOW. *Handbuch d. spec. Pathologie u. Therapie*. Bd. 1.
- (5) — *Gesammelte Abhandlungen*. 1862, pag. 135-138.
- (6) — *Virchow. Archiv*. Bd. XV.
- (7) BÜHL. *Das Faserstoffexsudat*, in *Sitzungsber. d. Kgl. Bayer. Academie d. Wissenschaften*. 1863. Bd. 11.
- (8) WAGNER. *Beiträge zur pathologischen Anatomie der Pleura*, in *Arch. d. Heilkunde*. Bd. XI, 1870.
- (9) RINDFLEISCH. *Lehrbuch der path. Gewebelehre*, 1873.
- (10) WEIGERT. *Ueber die pathologischen Gerinnungsvorgänge*, in *Virchow Arch.* Bd. 79, 1880. — Idem. *Real Encyclopädie*, Bd. IV.
- (11) LANGHANS. *Deutsche Chirurgie*, 1887.
- (12) SCHUCHARDT. *Virchow Arch.*, 121, 1890.
- (13) GRAWITZ. *Atlas der pathologischen Gewebelehre*, 1893.
- (14) SCHLEIFFART. *Ueber die Entzündung der serösen Organbedeckungen und der Hirnhäute*, in *Virch. Arch.*, 129, 1892.
- (15) HAUSER. *Ein Beitrag zur Lehre von der pathologischen Fibringerinnung*, in *Arch. f. klinische Medicin*, Bd. 50, 1892.
- (16) — *Ueber die Entstehung des fibrinösen Infiltrats bei croupöser Pneumonie*, in *Beiträge von Ziegler*, Bd. XV. 1894.
- (17) VERAGUTH. *Ueber Veränderungen des Lungenepithels bei künstlich hervorgerufenen pneumonischen Processen*, in *Virch. Archiv*. Bd. 82, 1880.
- (18) GRASER. *Die erste Verklebung der serösen Häute*, in *Arch. f. klin. Chirurgie*. Bd. 50, 1892.
- (19) MUSCATELLO. *Sulle condizioni necessarie alla produzione di aderenze peritoneali*, in *Arch. p. l. scienze mediche*. Vol. XX, n. 17.
- (20) APEL. *Ueber die Herkunft des Fibrins aus serösen Häuten*. In-Diss., 1895.
- (21) NEUMANN. *Die Picrocarminfärbung und ihre Anwendung auf die Entzündungslehre*, in *Arch. mikr. Anatomie*. Bd. 18, 1880. — Idem. *Zur Kenntniss der fibrinoiden Degeneration des Bindegewebes bei Entzündungen*, in *Virch. Arch.*, 144, 1896. — Idem. *Fibrinöse Degeneration und fibrinöse Exsudation*, in *Virch. Archiv*. 146, 1896. — Idem. *Zur Streitfrage der fibrinoiden Bindegewebsdegeneration*, in *Fortschritte der Medicin*. Bd. 15, n. 10, 1897.
- (22) MARCHAND. *Zur Kenntniss der fibrinösen Exsudation bei Entzündung*, in *Virch. Arch.* 145, 1896.
- (23) ORTH. *Spec. pathol. Anatomie*. — Idem. *Ueber die Fibrinbildung an serösen und Schleimhäuten*. *Nachrichten d. k. Gesellschaft d. Wissenschaften zu Göttingen, Mathem. physikalische Klasse*, Heft 3, 1896.
- (24) ZIEGLER. *Ueber fibrinöse Entzündung der serösen Häute*, in *Ziegler's Beiträge*. Bd. XXI.
- (25) ABRAMOW. *Ueber die pathologisch-anatomischen Veränderungen der serösen Häute bei den experimentellen acuten fibrinösen Entzündungen*, in *Ziegler's Beiträge*. Bd. XXIII, 1897.
- (26) MUSCATELLO. *Sulla funzione di assorbimento della pleura*, in *Arch. p. l. scienze mediche*. Vol. XX, n. 14.
- (27) A. SCHMIDT. *Zur Blutlehre*. Leipzig, 1892. — Idem. *Die Lehre von den fermentativen Gerinnungen*. Dorpat, 1876. — Idem. *Weitere Beiträge zur Blutlehre (lavoro post.)*. Wiesbaden, 1895. — LILIENFELD. *Hämatologische Untersuchungen in Du Boys-Raymond's, Archiv*, 1892. — Idem. *Ueber Leucocyten u. Blutgerinnung*. Ivi, pag. 167.
- (28) HAYEM. *Archives de physiol. et path.*, 1878-1879.
- (29) BIZZAZERO. *Virch. Arch.* Bd. XI, 1882. — Idem. *Di un nuovo elemento morfologico del sangue*. Milano, 1883.

- (30) LAKER. Studien über 'die Blutscheibchen und den angeblichen Zerfall der weisser Blutkörperchen bei der Blutgerinnung, in *Sitzungsber. d. K. Akad. zu Wien III. Abth.* LXXXVI. Bd. III, pag. 173-202. — NICOLAI HEIL. Zählungsergebnisse betreffend die farblosen u. die rothen Blutkörper. Dorpat, 1882. — FEIERTAG. Beobachtungen über die sogenannten Blutplättchen. In-Diss. Dorpat, 1883. — HLAVA. Die Beziehung der Blutplättchen Bizzozzo zur Blutgerinnung u. Thrombose, in *Archiv. f. experi. Pathologie.* 1883. — HALLA. Ueber Hämoglobingehalt des Blutes und die quantitativen Verhältnisse der rothen und weissen Blutkörper bei acuten, fieberhaften Krankheiten, in *Zeitschr. f. Heilkunde.* Bd. IV. — CZERMAK. *Arch. f. mik. Anatomie* Bd. 42, 1893. — MOSSO. *Virch. Arch.*, 109, 1887.
- (31) LÖWIT. Beiträge zur Lehre von der Blutgerinnung. I. Mittheilung. Ueber das coagulative Vermögen der Blutplättchen, in *Sitzungsber. d. k. Akad. d. Wissensch. zu Wien. III Abth.* April-Heft. 1884. Bd. LXXXIX, pag. 270-307. — Idem. Ueber die Präexistenz der Blutplättchen und die Zahl der weissen Blutkörperchen in normalem Blute der Menschen, in *Vich. Arch.* Bd. 117, 1889.
- (32) WOOLDRIDGE. *Die Gerinnung des Blutes.* Leipzig, 1891.
- (33) EBERTH u. SCHIMMELBUSCH, *Die Trombose.* Stuttgart, 1888.
- (34) PETRONE. Sulla coagulazione del sangue, in *Morgagni.* Anno XXXIX, n. 5, 1897. — Idem. Contributo alla quistione sulla esistenza delle piastrine nel sangue normale, in *Bollettino dell'Accademia Gioenia di scienze naturali in Catania.* Fasc. XLVIII, 1897.
- (35) WLASSOW. Untersuchungen über die histologischen Vorgänge bei der Gerinnung und Trombose mit besonderer Berücksichtigung der Entstehung der Blutplättchen, in *Ziegler's Beiträge.* Bd. XV, Hft. 3, 1894.
- (36) ARNOLD. *Virchow's Archiv.* Bd. 145, 1896.
- (37) ISRAEL u. PAPPENHEIM. Ivi. Vedi anche la *Dissertazione* di Pappenheim. Berlin, 1896.
- (38) ARNOLD. Ueber die Herkunft der Blutplättchen, in *Central. f. allg. Path. u. path. Anatomie.* Bd. VIII, 1897, n. 7-8.
- (39) FR. MÜLLER. Die morphologischen Veränderungen der Blutkörperchen und des Fibrins bei der vitalen extravasculären Gerinnung, in *Ziegler's Beiträge.* Bd. XXIII, Hd. 3, 1898.
- (40) HEINZ. *Virchow's Archiv.* Bd. 122.
- (41) PETRONE. Op. cit.
- (42) I. SALVIOLI. Sulle modificazioni del sangue per effetto del peptone e dei fermenti solubili, in *Rend. Accademia dei Lincei.* Vol VII, fasc. 12, 1891.
- (43) WELTI. Ueber Todenursachen nach Verbrennungen, in *Ziegler's Beiträge.* Bd. IV.
- (44) SILBERMANN. Untersuchungen über die krankheitserscheinungen und Ursachen des raschen Todes nach schweren Hautverbrennungen, in *Virch. Arch.* Bd. 119, Hft. 3.
- (45) SCHERER. Ueber zooid und ökoidbildung in den rothen Blutkörperchen und ihre Beziehung zur Thrombose, in *Arch. f. Heilkunde.* Bd. 17, 1896.

SPIEGAZIONE DELLE FIGURE.

Tavola I.

- Fig. 1. Polmone di coniglio, in cui fu inoculato diplococco di Fränkel, due ore dopo l'inoculazione. La pleura è ricoverta da uno strato di corpuscoli rossi ben conservati. Zeiss $\frac{3}{DD}$.
- " 2. Polmone di coniglio 6 ore dopo l'inoculazione di alcool a 80°. La pleura è ricoperta da corpuscoli rossi ben conservati, corpuscoli rossi scolorati, scheletri e granuli. Zeiss $\frac{3}{DD}$.
- " 3. Polmone di coniglio 8 ore dopo l'inoculazione di alcool a 80°. La pleura è ricoperta di granuli, tra cui si trovano scheletri di corpuscoli rossi. Zeiss $\frac{3}{DD}$.
- " 4. Polmone di coniglio 16 ore dopo l'inoculazione di alcool a 80°. La pleura è ricoperta da fili di fibrina di aspetto granuloso, tra cui esistono eritrociti alterati. Zeiss $\frac{3}{Imm. \frac{1}{12}}$.
- " 5. Polmone di coniglio 22 ore dopo l'inoculazione di alcool a 80°. La pleura è ricoperta da essudato fibrinoso. L'epitelio pleurale ben conservato. Zeiss $\frac{3}{DD}$.
- " 6. Polmone di galletto 1 ora dopo l'inoculazione di alcool. Gli alveoli polmonari sono riempiti da corpuscoli rossi ben conservati. Zeiss $\frac{3}{DD}$.

Tavola II.

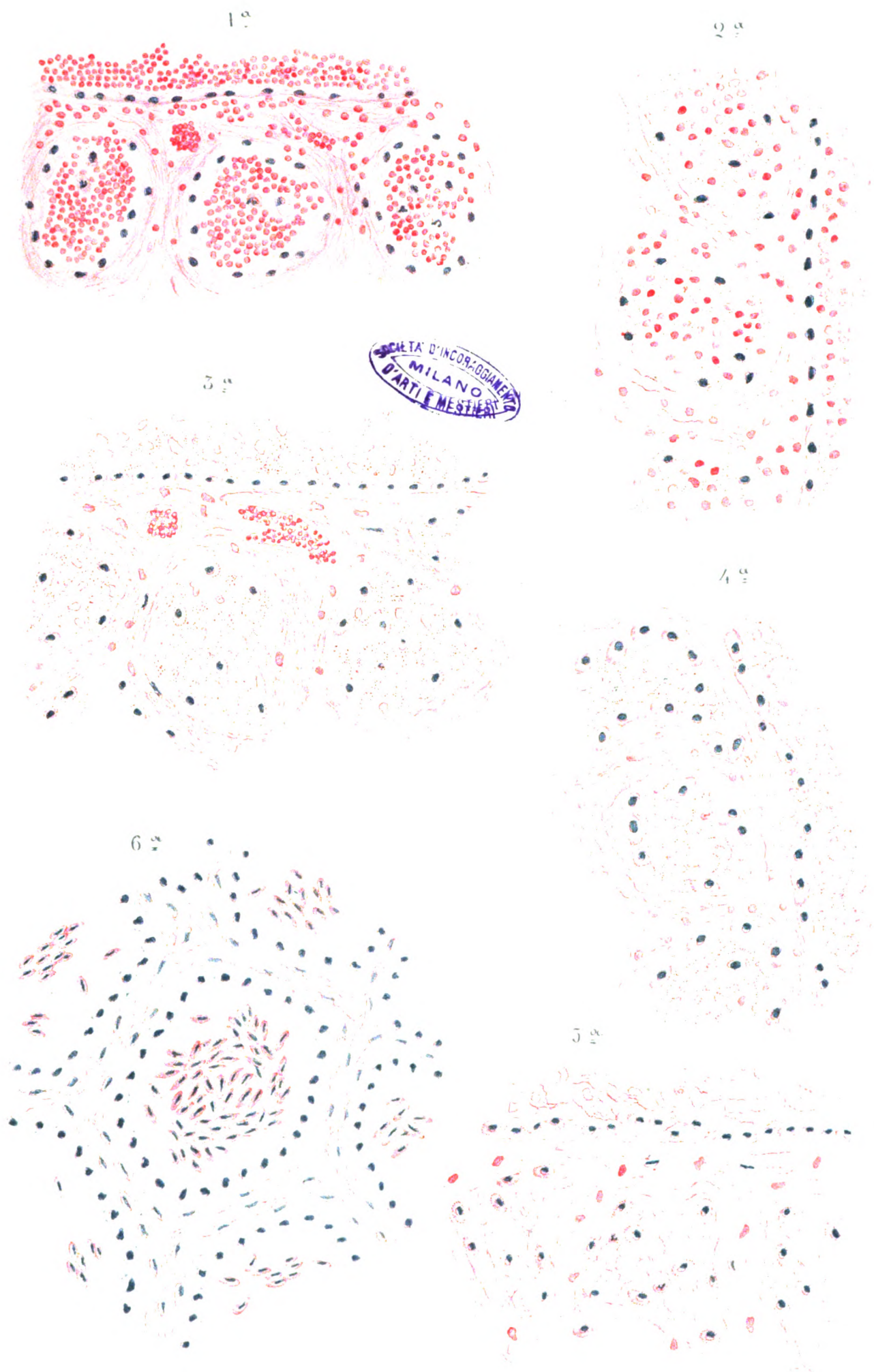
- Fig. 7. Polmone di galletto 4 ore dopo l'inoculazione di alcool. Gli alveoli polmonari sono riempiti da corpuscoli rossi scolorati, ridotti a scheletri, riempiti di granuli. Tra i corpuscoli rossi compajono dei granuli. Zeiss $\frac{3}{Imm. \frac{1}{12}}$.
- " 8. Polmone di galletto dopo 7 ore dall'inoculazione di alcool a 80°.
- " 9 e 10. Idem. Si possono seguire le diverse fasi che attraversano gli eritrociti: scoloramento, formazione di scheletri, comparsa di granuli. Gli epiteli alveolari ben conservati. Zeiss $\frac{3}{Imm. \frac{1}{12}}$.
- " 11. Polmone di galletto dopo 12 ore dall'inoculazione di alcool a 80°. Prima comparsa di fibrina di aspetto granuloso. Epiteli ben conservati, scheletri di corpuscoli rossi. Zeiss $\frac{3}{Imm. \frac{1}{12}}$.

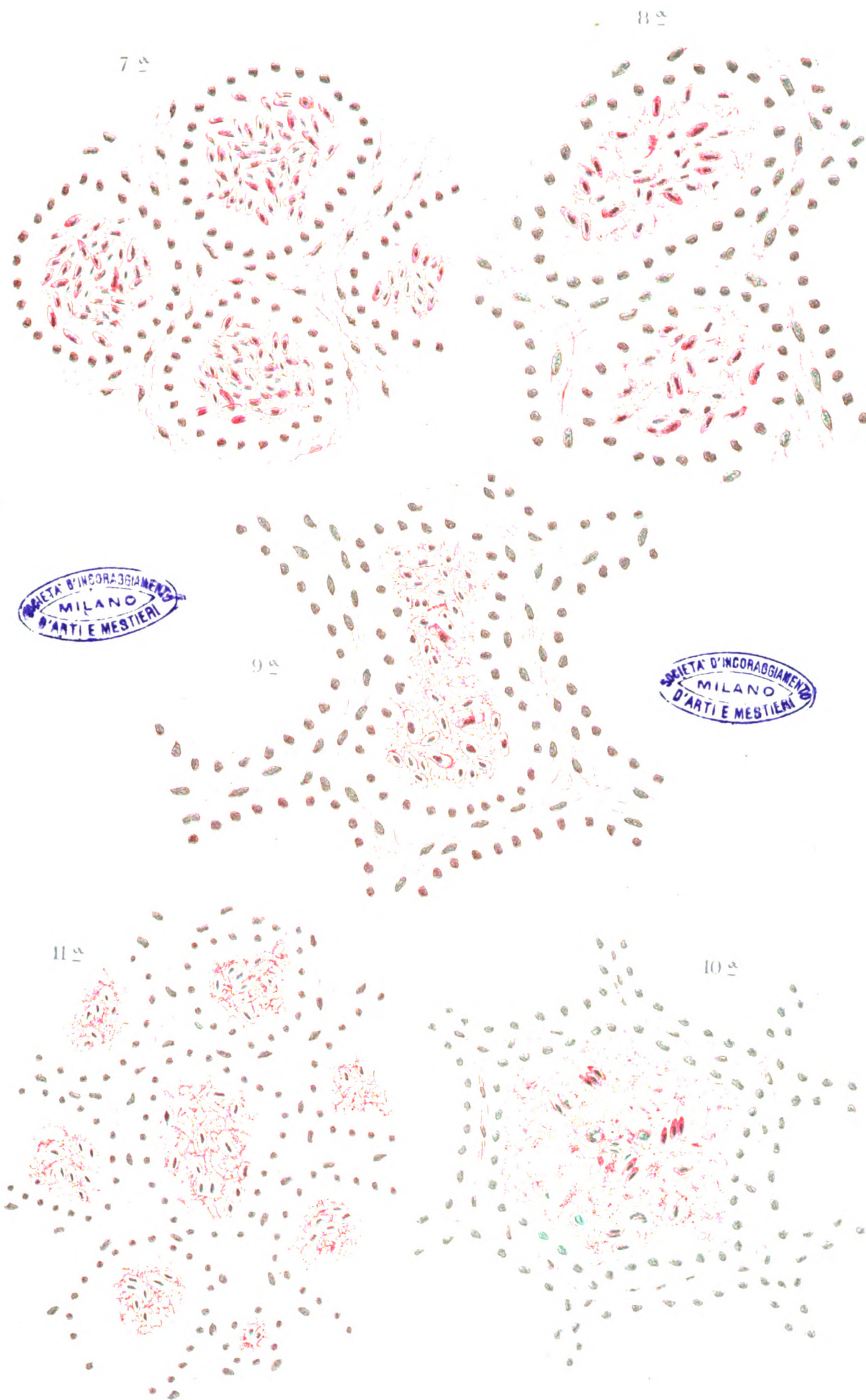
Tavola III.

- Fig. 12. Polmone di galletto 18 ore dopo l'inoculazione di alcool a 80°. Gli alveoli polmonari sono riempiti da essudato fibrinoso. I fili di fibrina mostrano un aspetto granuloso. Gli epiteli ben conservati. Zeiss $\frac{3}{Imm. \frac{1}{12}}$.
- " 13. Polmone di galletto 20 ore dopo l'inoculazione di alcool a 80°. Gli alveoli polmonari sono riempiti da essudato fibrinoso. Gli epiteli ben conservati. Zeiss $\frac{3}{Imm. \frac{1}{12}}$.
- " 14. Polmone di coniglio 3 giorni dopo l'inoculazione di alcool a 80°. Il limite tra l'essudato e il tessuto pleurale è divenuto flessuoso e si notano delle elevazioni, al cui livello la linea di demarcazione manca e l'essudato aderisce al tessuto pleurale (a). Zeiss $\frac{3}{DD}$.
- " 15. Polmone di cavia inoculata nella cavità pleurica con tubercolosi aviaria: 12 giorni dopo l'inoculazione. Abbondante essudato fibrinoso. L'epitelio ben conservato al suo sito normale. Zeiss $\frac{3}{DD}$.
- " 16. Polmone umano: pleurite fibrinosa. L'epitelio (b) ben conservato al suo sito normale. Zeiss $\frac{3}{DD}$.

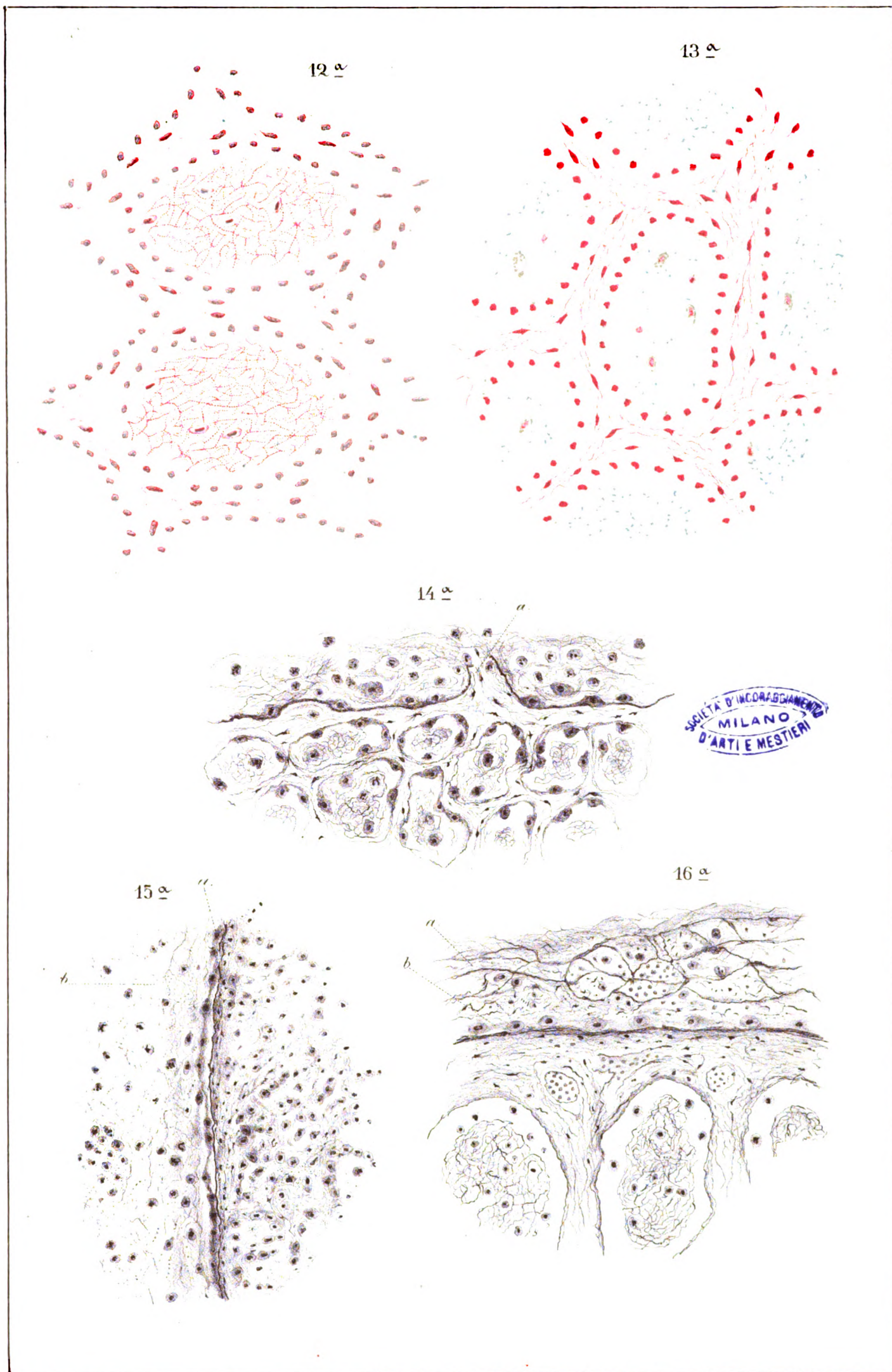
Tavola IV.

- Fig. 17. Vaso di galletto legato tra due punti. 20 ore dopo la legatura. Fili di fibrina in mezzo a corpuscoli rossi scolorati, ridotti a scheletri. Zeiss $\frac{3}{DD}$.
- " 18. Polmone di un grosso rospo in cui fu inoculato alcool a 80° nella cavità pleuro-addominale. Dopo 2 ore dall'inoculazione. Gli alveoli polmonari sono riempiti da corpuscoli rossi ben conservati, scolorati, ridotti a scheletri. Comparsa di granuli. Gli epiteli ben conservati. Zeiss $\frac{3}{Imm. \frac{1}{12}}$.
- " 19. Polmone di grosso rospo 18 ore dopo l'inoculazione di alcool a 80°. Gli alveoli polmonari riempiti da una bella rete fibrinosa, nelle cui maglie si trovano scheletri di corpuscoli rossi. Gli epiteli ben conservati. Zeiss $\frac{3}{Imm. \frac{1}{12}}$.

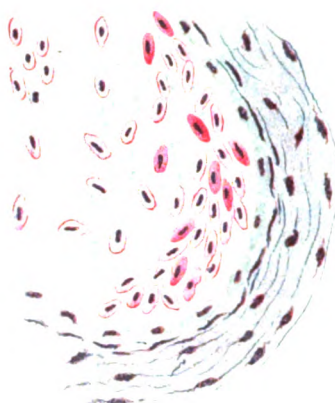




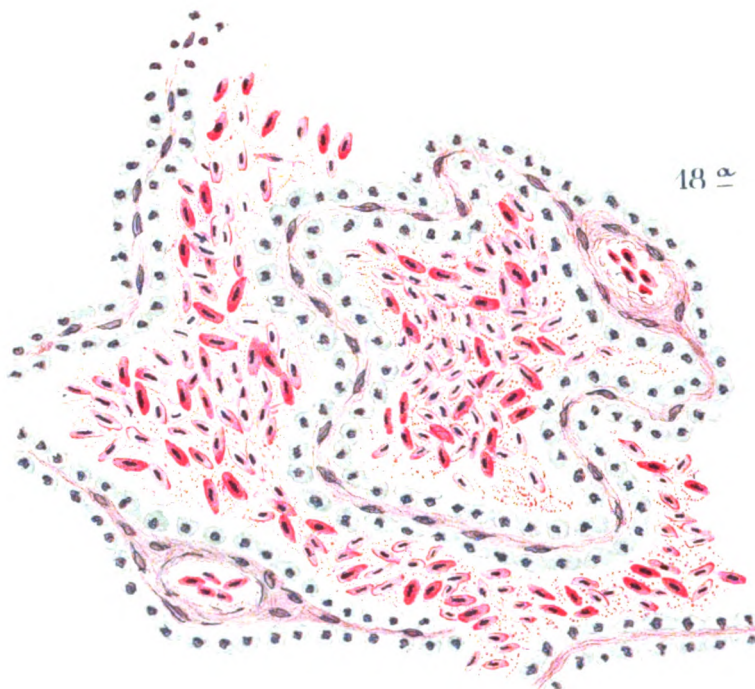
100



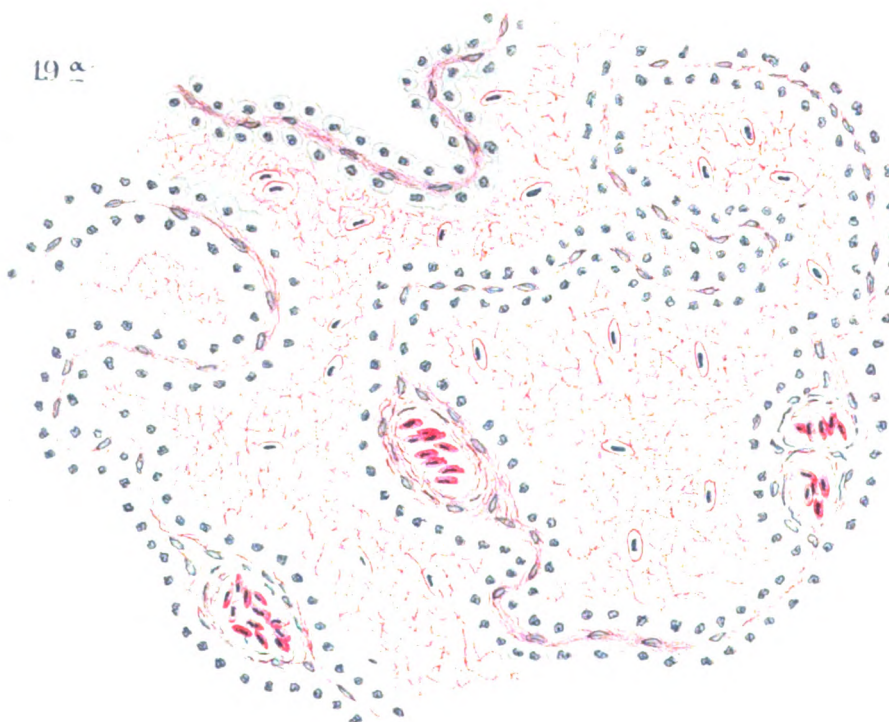
17 α



18 α



19 α



RICERCHE SUL SISTEMA NERVOSO DEI LIMAX

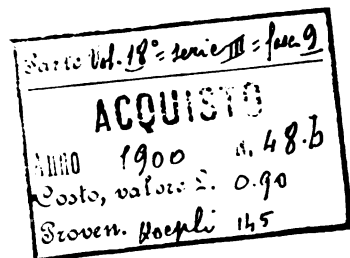
MEMORIA

del dottor **EMILIO VERATTI**

Assistente di Istologia nella R. Università di Pavia

(con 4 tavole litografiche)

letta nella seduta del 1° febbrajo 1900.



Il sistema nervoso dei molluschi, sebbene sia stato oggetto di numerose ricerche anatomiche, offre ancora un largo campo all'indagine, perchè ad esso finora furono applicati, solo in ristretta misura, quei metodi che caratterizzano il più recente periodo degli studi istologici sui tessuti nervosi e che soli possono mettere in evidenza le più fini particolarità morfologiche degli elementi ed i loro mutui rapporti. Per questa considerazione e, d'altra parte, convinto che solo quando possederemo ampie e precise notizie sulla struttura del sistema nervoso in tutta la serie animale sarà possibile assurgere a conclusioni di ordine generale e formulare delle leggi morfologiche e fisiologiche, ho pensato di far oggetto dei miei studi il sistema nervoso di questi animali. Fra i molluschi quelli che si presentavano come più adatti per la facilità di poterne avere gran numero di esemplari sono i gasteropodi terrestri e precisamente i due generi *Helix* e *Limax*. Dopo alcuni tentativi mi fermai più specialmente sul genere *Limax* come quello che mi parve presentasse più favorevoli condizioni per l'applicazione dei più fini metodi di tecnica.

Sul sistema nervoso dei gasteropodi fino al momento, in cui io intrapresi le mie ricerche, non esistevano che pochi lavori eseguiti coi moderni metodi di indagine.

Retzius (1) in un breve lavoro aveva descritto colla reazione nera il sistema nervoso periferico di varie specie di *Limax* (*Lim. agrestis*, *Arion ater*), fermandosi in modo particolare sugli elementi nervosi sensitivi della cute (*Sinneszellen* di Flemming) e sulla struttura dei nervi e gangli nervosi del tentacolo superiore. Paravicini (2, 3, 4) nella serie delle sue ricerche sulla anatomia fine dei gasteropodi aveva applicato la reazione nera allo studio dell'innervazione del tubo digerente, dell'apparato genitale e della cute, e studiato poi accuratamente coi metodi comuni i gangli stomatogastrici ed i nervi che ne derivano.

Trambusti (5), sempre col metodo di Golgi, si era occupato dell'innervazione del cuore nell'*Helix pomatia*; Rohde (6) in un lavoro complessivo sulle cellule gangliari nervose aveva descritto e raffigurato anche le cellule nervose dei gasteropodi senza per altro occuparsi dei loro rapporti; Mac Clure (7, 8) aveva studiato l'interna struttura delle cellule nervose dei gasteropodi da un punto di vista puramente citologico. Apáthy nella sua memoria (9) aveva bensì accennato ai gasteropodi e precisamente al genere *Helix* nell'enumerazione degli animali che gli hanno fornito materiale di studio, ma senza dare figure ottenute dal sistema nervoso di questi animali, nè esporre reperti che ad essi in modo particolare si riferissero. Havet (10) studiando il così detto stato moniliforme dei neuroni negli



invertebrati aveva dato alcune notizie sulla struttura dei centri nervosi dei gasteropodi, ma limitandosi a pochi accenni quasi esclusivamente di morfologia cellulare. Restava adunque un largo campo aperto all'indagine; ma quando già da parecchi mesi io mi occupava dell'argomento e quando già avevo raccolto un certo numero di fatti apparve una nota preventiva dello stesso Havet (11) appunto sul sistema nervoso dei *Limax* studiato colla reazione nera, ed ultimamente un'altra pubblicazione di Smidt sulle cellule sensitive della mucosa boccale dell'*Helix* (12).

Questi lavori tolgono evidentemente ai risultati miei una parte del loro valore; ciò non ostante io non credo inutile di renderli di pubblica ragione sorvolando sui punti nei quali i miei risultati non costituiscono che una semplice conferma di quelli di Havet ed insistendo con qualche maggior copia di particolari su quei reperti che non si accordano con quelli dell'osservatore Belga o mettono in evidenza particolarità anatomiche nuove.

METODI.

Il metodo da me prevalentemente seguito è quello della reazione nera di Golgi nelle sue svariate modalità; usai quasi sempre come fissatore la miscela tripla (bicromato potassico 5 % p. 30, cloruro di platino 2 ‰ p. 30, acido osmico 1 % p. 15-30), usufruendo sia la reazione diretta che si ottiene passando i pezzi da questa miscela nella soluzione al 0.75 % di nitrato d'argento, dopo un numero vario di gromi (da 4-5 a 12-15), sia la reazione indiretta che si ottiene portando i pezzi, prima di passarli nella soluzione d'argento, per 3-10 giorni in una miscela filtrata di acetato di rame (soluzione satura) e di bicromato di potassico al 5 % nella proporzione di 1 a 3 in volume. Questa seconda modalità del metodo della reazione nera, detta del *ringiovanimento*, mi ha dato ottimi risultati in molti casi; alla miscela di bicromato ed acetato si può anche sostituire una miscela di solfato di rame e bicromato in varie proporzioni. La doppia impregnazione, tanto utile nelle ricerche sui tessuti nervosi degli animali superiori, mi ha dato nei *Limax* risultati poco soddisfacenti. Non trascurai di tentare le colorazioni col bleu di metilene sia per iniezione nell'animale vivente (metodo di Ehrlich) sia per imbibizione sui tessuti freschissimi (presumibilmente viventi) (metodo di Dogiel); così pure tentai insistentemente i metodi di Apáthy, al cloruro d'oro, all'emateina I. A. ed al bleu di metilene. Dirò subito che col bleu di metilene (metodi di Ehrlich e di Dogiel) non ottenni che pochi risultati valevoli tutto al più a confermare in parte i risultati della reazione nera per quanto riguarda l'innervazione della cute e la struttura dei tronchi nervosi periferici. Noto che anche Retzius non ottenne risultati soddisfacenti col bleu di metilene nei *Limax*. Quanto ai metodi di Apáthy devo dichiarare che mi fallirono completamente; tali metodi però offrono, come è noto, grandissime difficoltà, tanto che finora da ben pochi furono applicati con successo.

Come metodi sussidiari mi servii delle comuni colorazioni (carmallume, emateina, ematossilina ferrica secondo Heidenhain, miscela di Biondi, safranina, metodi di Nissl, ecc.) su serie di sezioni di pezzi fissati in sublimato, liquido di Flemming, liquido di Graf, alcool, alcool e sublimato, acido osmico e sublimato, ecc.

SISTEMA NERVOSO CENTRALE.

Gli organi centrali del sistema nervoso nei Limax sono disposti ad anello attorno all'esofago e sono costituiti da un certo numero di masse gangliari, le quali, mentre nell'embrione sono ben distinte e collegate l'una all'altra da cordoni nervosi detti *connettivi*, nell'adulto sono in parte fuse tra loro, così che riesce malagevole distinguere nettamente i confini dei singoli gangli. La maggior parte degli autori sono d'accordo nell'ammettere due gangli simmetrici *sopraesofagei* o *cerebroidi* riuniti fra loro da un grosso connettivo e due gangli *pedidii* che si riuniscono e si fondono sulla linea mediana; ma non si accordano invece nello stabilire i limiti fra le masse gangliari che concorrono a formare quella porzione del complesso gangliare sottoesofageo che sta al disotto dell'aorta cefalica; Vogt e Jung (13) ammettono, seguendo Jhering, che la massa sottoesofagea comprenda sette gangli parzialmente fusi nell'adulto; Jourdain (14), oltre ai due gangli pedidii, distingue altri sei gangli posteriori più o meno fusi tra di loro; De Lacaze-Duthiers (15), oltre ai due gangli pedidii, descrive una catena di 5 gangli formanti un sistema asimmetrico; Lang (16), oltre ai pedidii, considera un sistema di tre paia di gangli, *pleurali*, *parietali*, *viscerali*. Al davanti dell'anello nervoso periesofageo esistono altri due piccoli gangli situati fra l'esofago ed il bulbo faringeo in prossimità dello sbocco dei dotti escretori delle così dette ghiandole salivali, i gangli *stomato-gastrici*: questi sono riuniti fra loro da un breve tronco commissurale ed ai gangli cerebroidi da due cordoni nervosi (connettivi) decorrenti paralleli ai lati dell'esofago. Come è noto, alcuni autori considerano i gangli stomato-gastrici come rappresentanti del sistema nervoso simpatico e ciò in considerazione dei rapporti periferici dei nervi che ne derivano.

In una sezione di un ganglio si può a colpo d'occhio distinguere una porzione centrale, midollare, ed una porzione corticale. Nella porzione corticale stanno le cellule separate fra loro e sostenute da una trama di tessuto connettivo; nella porzione centrale esiste una massa di sostanza che coi comuni metodi appare finamente granulosa e sparsa di pochi nuclei piccoli (*punksubstanz* di Leydig), mentre colla reazione nera e cogli altri metodi capaci di differenziare le fibrille nervose primitive, si rivela formata da un complicatissimo intreccio di filamenti nervosi. Le cellule sono di dimensioni varie: alcune piccolissime (8-10 μ), altre colossali (200, 250 μ). Secondo gli studi di Mac Clure (7) il protoplasma di queste cellule mostrerebbe una particolare struttura reticolata, mentre il prolungamento sarebbe costituito da fasci di esilissime fibrille. Io ho ripetuto i metodi di Mac Clure ed ho ottenuto delle immagini assai simili a quelle riprodotte nelle sue figure, ma non ho potuto acquistare la convinzione che l'esistenza nel protoplasma di queste cellule di ben differenziate fibrille nervose sia per ora dimostrata.

D'altra parte, come ho già detto, coi metodi capaci di mettere in evidenza le fibrille nervose primitive nel loro decorso intracellulare non ho potuto osservare nulla di simile a quanto Apáthy descrive nelle cellule gangliari degli Irudinei e dei Lombrici, sebbene egli affermi che particolarità analoghe si riscontrano anche nei molluschi. Parimenti risultati negativi finora mi hanno dato i metodi che in questi ultimi tempi per opera di Golgi hanno permesso di mettere in evidenza tanti fatti interessanti sull'intima organizzazione del protoplasma delle cellule nervose negli animali superiori. A questo proposito veramente potrei accennare che in alcuni preparati allestiti con questi metodi il grosso prolungamento nervoso di alcune cellule gangliari appare come se fosse costituito da un fascio di finissime

fibrille; ma finora si tratta di reperti isolati che non possono essere presi in considerazione. Il nucleo è enorme con distinta membrana nucleare, contenuto granuloso e grossi nucleoli tondeggianti; talora ha forma irregolare, spesso da un lato presenta una depressione a forma di coppa; in corrispondenza di questa depressione Mac Clure (8) ha notata l'esistenza di un centrosoma e di una sfera di attrazione, formazioni corrispondenti, secondo l'A., a quelle descritte da Lenhossék nei gangli spinali della rana.

Colla reazione nera le cellule si presentano con forme svariatissime, così che riesce oltremodo difficile di farne una classificazione, tanto più che qualunque classificazione non potrebbe esser che provvisoria e necessariamente incompleta data l'elettività del metodo, che mette in evidenza solo singoli elementi dei moltissimi che costituiscono il tessuto. Havet (l. c.) distingue le cellule gangliari dei *Limax* in monopolari, bipolari, multipolari; io non credo che il numero dei prolungamenti sia un buon criterio di classificazione; infatti dopo gli studi di Apáthy noi non possiamo più ammettere che il grosso prolungamento che si diparte dalle cellule nervose monopolari degli invertebrati sia costituito da un cordone di protoplasma indifferenziato, ma dobbiamo pensare che esso sia costituito da un fascio di fibrille nervose; questo concetto trova conferma anche nei preparati coi metodi comuni nei quali questo prolungamento mostra una manifesta striatura longitudinale e come ho accennato anche in taluni reperti colla reazione nera. Data questa struttura, si comprende come non costituisca una differenza essenziale il fatto che le fibrille abbandonino la cellula, riunite in fascio in unico prolungamento piuttosto che distribuite in parecchi fascetti in altrettanti prolungamenti; a mio giudizio il miglior criterio distintivo fra le cellule gangliari si deve cercare nel modo di comportarsi del prolungamento o dei prolungamenti: esistono cellule nelle quali il prolungamento od uno dei prolungamenti attraversa la *punksubstanz* e senza perdere la sua individualità, esce dal ganglio; esistono cellule il prolungamento delle quali dividendosi e suddividendosi si perde completamente nel reticolo della *punksubstanz*.

Le cellule del primo gruppo (fig. 1 a — fig. 15 a a') di solito hanno un prolungamento unico assai voluminoso, dal quale, nel tragitto attraverso la porzione midollare del ganglio, si staccano numerose collaterali finissime che ramificandosi ripetutamente si perdono nell'intreccio costituente la porzione midollare stessa; il tronco del prolungamento non diminuisce notevolmente di grossezza e si può seguire fino al di fuori del ganglio. Le cellule del 2° gruppo (fig. 1 b — fig. 2 b b' — fig. 15 b b' — fig. 3 e fig. 4) hanno prolungamenti di grossezza variabile in rapporto colla grossezza del corpo cellulare, i quali giunti nella *punksubstanz* si ramificano ripetutamente dando origine ad un cespuglio fittissimo di filamenti intrecciati fra di loro che si perdono confondendosi coll'intreccio diffuso esistente nella regione. Queste ramificazioni terminali delle cellule del 2° gruppo hanno nei diversi preparati un aspetto alquanto diverso: talora sono rami fini regolari a contorno netto (fig. 1 b — fig. 2), altra volta sono alquanto irregolari, grossolani e sparsi di nodi od ingrossamenti di varia forma (fig. 3 — fig. 4). Non posso decidere se queste differenze dipendano dall'età dell'animale od eventualmente da circostanze accidentali (avvelenamento col cloroformio, coll'etere, ecc.). Qualche volta sia le cellule del primo gruppo, sia quelle del secondo appaiono pluripolari, presentano cioè, quelle del primo gruppo, oltre al grosso prolungamento principale, altri prolungamenti di solito uno o due, che vanno a ramificarsi nel reticolo della *punksubstanz*; quelle del 2° gruppo, due o tre prolungamenti presso a poco della stessa grossezza che si portano con decorso parallelo o leggermente divergente verso la *punksubstanz* per quivi ramificarsi confondendo i loro rami in una unica arborizzazione (fig. 1 b).

Ho accennato di sopra che il prolungamento principale delle cellule del primo gruppo esce dal ganglio; precisando meglio, dirò ora che spesso l'ho potuto accompagnare fin dentro un cordone nervoso connettivo (fig. 1 a — fig. 15 a, a') e l'ho visto anche per questa via passare in un ganglio vicino e quivi ramificarsi nella porzione midollare confondendosi nell'intricata massa dei filamenti nervosi (fig. 5); non mi è mai riuscito invece, fino ad ora, di dimostrare in modo evidente il passaggio di uno di questi prolungamenti in un nervo periferico. Havet ha osservato questo fatto e lo ha riprodotto in una figura; io lascio per ora sospesa la questione. Dei diversi tipi cellulari da me accennati nel lavoro di Havet (l. c.) si trovano descritti quelli appartenenti al primo gruppo, elementi cioè mono- o pluripolari nei quali il prolungamento od uno dei prolungamenti si può seguire fino al di fuori del ganglio; non vi è cenno invece dell'esistenza di cellule il prolungamento delle quali perde la sua individualità dentro il ganglio esauendosi completamente nella *punktsubstanz*. Anche Paravicini nel suo lavoro sui gangli stomato-gastrici dell'*Helix* (4) nega l'esistenza di questo secondo tipo di elementi nervosi. All'obiezione che l'eventuale esistenza anche nelle cellule del 2° gruppo di un ramo nervoso uscente dal ganglio potrebbe essermi sfuggita, perchè difficilmente una intera cellula con tutti i rami che ne dipendono si trova compresa nello spessore di una sezione, io posso rispondere che di regola esaminai i miei pezzi su sezioni disposte in serie completa, così che mi riusciva facile ricostruire la forma di un elemento sovrapponendo le diverse sue parti che si trovavano in diversi tagli successivi. Ad evitare possibili confusioni noto qui che, distinguendo le cellule nervose dei *Limax* in due tipi, non intendo di stabilire una omologia fra queste due forme cellulari ed i due tipi classici descritti da Golgi nei centri nervosi degli animali superiori, io credo che le differenze di organizzazione fra il sistema nervoso di questi animali e quello dei mammiferi siano così grandi e d'altra parte le nostre cognizioni così frammentarie, che il tentativo di stabilire dei raffronti e delle precise omologie sia da considerarsi per ora affatto arbitrario.

Si è fin qui ammesso che nei gangli dei molluschi, come in genere negli invertebrati, fra la porzione corticale occupata dai corpi cellulari e la porzione midollare (*punktsubstanz*) occupata da un intreccio nervoso esista una netta distinzione; ora dalle mie ricerche risulta un fatto, fin qui sfuggito all'osservazione, che dimostra come i rapporti fra le due porzioni dei gangli siano di gran lunga più complicati. In molti preparati io ho potuto osservare che dal reticolo della *punktsubstanz* partono dei fascetti di finissime fibrille nervose le quali insinuandosi negli interstizi fra cellula e cellula si ramificano e si intrecciano formando attorno ai corpi cellulari dei veri plessi nervosi in immediato contatto col protoplasma cellulare (fig. 6, 7, 8). Spesso si vedono dei fascetti formati da tre o quattro fibrille, le quali si dipartono dal reticolo e seguono il prolungamento di una cellula nervosa avvolgendosi attorno ad esso fino a raggiungere il corpo cellulare intorno al quale si distribuiscono formando un caratteristico apparato reticolare pericellulare (fig. 9, 10, 11, 12). L'apparato che avvolge una cellula non si può mai nettamente individualizzare dagli apparati simili che sono in rapporto colle cellule vicine; fibre o fascetti di fibre passano dall'una all'altra cellula così che le relazioni che si stabiliscono sono infinitamente varie e complesse (fig. 13). In altre parole si potrebbe dire che l'intreccio nervoso della *punktsubstanz* si insinua negli interstizi fra cellula e cellula invadendo tutta quanta la porzione corticale del ganglio fino ai suoi limiti estremi ed assumendo coi corpi cellulari intimi rapporti di contatto. Questo reperto assai caratteristico e di indiscutibile evidenza ci obbliga a modificare gli schemi generalmente adottati per la interpretazione della struttura del sistema nervoso degli invertebrati.

Mi sono occupato di ricercare se questi plessi pericellulari siano interni od esterni; a quella specie di capsula od apparato connettivo di sostegno che avvolge gli elementi nervosi, in alcuni casi nei quali l'apparato connettivo e l'intreccio nervoso erano contemporaneamente colorati, mi sono formato la convinzione che il plesso nervoso sia situato al di dentro della capsula connettiva e quindi in immediato contatto col protoplasma cellulare.

L'intreccio nervoso che, come abbiamo detto, occupa la *punksubstanz* è formato dai rami secondari dei prolungamenti delle cellule del 1° gruppo, dalla totalità dei rami del prolungamento delle cellule del 2° gruppo e dalle diramazioni provenienti dalle fibre dei nervi periferici o dei cordoni connettivi.

In alcuni casi ho potuto osservare dei nervi periferici, le fibre dei quali giunte al ganglio ed attraversata, riunite in fascio, la porzione corticale, si ramificavano ripetutamente appena arrivate nella *punksubstanz* e perdevano la loro individualità confondendosi nell'intricato intreccio di fibrille nervose quivi esistente (fig. 2 c — fig. 14). Sulla vera struttura dell'intreccio nervoso della *punksubstanz* e specialmente riguardo alla questione se trattisi di semplice intreccio o di una vera formazione reticolare a fili anastomizzati io non credo che i preparati colla reazione nera per quanto finamente riusciti permettano di dare una risposta precisa: come è noto, Apáthy, negli Irudinei, ha dimostrato che vere anastomosi esistono fra le fibrille nervose primitive costituenti il reticolo della *punksubstanz* e fra le loro diramazioni.

Merita di essere brevemente accennata la questione dell'esistenza nei centri nervosi degli animali in esame di elementi di nevroglia. Havet tende ad ammetterli nella *punksubstanz* e ne dà una figura; parecchi autori, fra i più recenti Mac Clure e Paravicini, danno il nome di nevroglia all'insieme di sepimenti che dividono e sostengono gli elementi cellulari; io non posseggo a questo riguardo reperti che mi permettano di esprimere una opinione, ho bensì osservato immagini simili a quelle riprodotte nella figura di Havet, ma non ho potuto liberarmi dal dubbio che si tratti di prodotti artificiali della reazione; d'altra parte non mi sembra giustificato applicare ai sepimenti connettivi della porzione corticale del ganglio il termine di nevroglia, termine al quale ormai corrisponde un concetto ben definito, quello di un tessuto per struttura e per origine affatto diverso dai tessuti connettivi propriamente detti (1).

I gangli stomato-gastrici offrono una struttura del tutto simile nei caratteri essenziali a quella dei gangli periesofagei; anche in essi ho potuto riscontrare i due tipi di cellule sopra descritti (fig. 15 a, a', b, b') e l'esistenza di plessi nervosi pericellulari (fig. 15 c). L'identità di struttura fra questi gangli ed i gangli periesofagei mal si accorda coll'opinione di quegli autori che, in base a considerazioni fisiologiche, ritengono i gangli stomato-gastrici come i rappresentanti nei molluschi del sistema nervoso simpatico, tanto più che lungo i nervi periferici e precisamente lungo quelli che si distribuiscono al canale digerente e suoi annessi ed agli organi genitali (nervi simpatici da un punto di vista fisiologico) si trovano numerose cellule nervose isolate o riunite in gruppi ed aventi caratteri

(1) Quando il presente lavoro era già in corso di stampa venne a mia cognizione una memoria di H. SMIDT, *Ueber die Darstellung der Begleit- und Gliazellen in Nervensystem von Helix mit der Golgi-methode*, in Arch. f. mik. Anat. Bd. 55. 1900. — Mi

manca il tempo per verificare i dati interessanti esposti da Smidt; credo però di poter mantenere le riserve fatte di sopra sulla applicabilità del termine nevroglia alle formazioni connettivali di sostegno dei gangli e dei nervi dei gasteropodi.

morfologici molto diversi da quelli delle cellule nervose dei gangli centrali. Anche a questo proposito ripeto che mi pare molto azzardato lo stabilire delle omologie fra animali tanto profondamente diversi.

Nel complesso dei gangli sopraesofagei o cerebroidi ha richiamato vivamente la mia attenzione quella parte che sta all'estremo laterale, allogata nella concavità del muscolo retrattore del tentacolo. È un organo nervoso a forma di semisfera o meglio di menisco, che colla sua faccia concava si applica sul ganglio cerebroide propriamente detto, mentre colla sua faccia convessa si mette in rapporto di contiguità, come dissi, col muscolo del tentacolo dal quale rimane separato da una capsula perigangliare di tessuto connettivo. Su sezioni colorate coi metodi comuni si distingue nettamente una porzione corticale formata da piccole cellule tondeggianti con grosso nucleo e scarso protoplasma, stipate le une alle altre, ed una parte midollare finamente granulosa con piccoli nuclei sparsi in scarso numero. Colla reazione nera (fig. 16) la zona corticale (fig. 16 A) appare costituita da elementi piccoli, tondeggianti o piriformi, monopolari; il prolungamento di queste cellule di solito è sottile e si porta con decorso talora rettilineo, talora tortuoso, verso la porzione midollare, inviando qualche volta già nella porzione corticale fra le piccole cellule, sempre in seno alla sostanza midollare, numerose collaterali di estrema finezza, le quali alla loro volta si dividono in rami di secondo ordine (fig. 17 a, a'). In alcuni preparati nella sostanza corticale non si ottiene la colorazione delle piccole cellule ed invece si mette in evidenza un fitto intreccio di filamenti nervosi esilissimi e variamente ramificati, decorrenti negli interstizi lasciati dalle piccole cellule (fig. 17 A). Alla formazione di questo intreccio nervoso prendono parte le collaterali del prolungamento delle piccole cellule, singole fibre provenienti dalla sostanza midollare ed inoltre certi caratteristici fascetti (fig. 17 b, b', b'', b''', b'v) di fibrille nervose finissime che si vedono attraversare la sostanza midollare, senza che finora sia riuscito a scoprire se nascano in questa o derivino dai tronchi nervosi che colla sostanza midollare stessa, come vedremo, si mettono in rapporto (conf. fig. 16 C, D).

In altri casi ancora oltre alle piccole cellule monopolari la reazione nera dimostra l'esistenza di un'altra categoria di elementi (fig. 18); si tratta di cellule a corpo tondeggianti con due o tre prolungamenti che ramificandosi ripetutamente formano delle ricche arborizzazioni occupanti tutto lo spessore della sostanza corticale (fig. 18 a, a'). Se i rami di queste cellule prendano parte alla formazione del reticolo nervoso descritto poco addietro o se, pur occupando la stessa zona da quello abbracciata, ne rimangano indipendenti io non posso decidere con sicurezza; il carattere delle due sorta di filamenti è alquanto diverso.

La zona midollare, corrispondente alla *punktsubstanz*, è occupata da uno dei più fitti reticoli nervosi che si possano vedere (fig. 16 B); questo reticolo è formato dalle collaterali dei prolungamenti nervosi delle piccole cellule e dai rami provenienti dalle fibre di due grossi tronchi nervosi (fig. 16 C, D) che per questa via si mettono in rapporto coll'organo nervoso in esame: il nervo del tentacolo, ed un breve tronco connettivo che si porta al resto del ganglio cerebroide. Il nervo del tentacolo (fig. 16 C) entra nella zona midollare del ganglio alla sua estremità interna, il connettivo (fig. 16 D) si inserisce nella parte centrale.

Io ho insistito nelle ricerche per cercar di mettere in evidenza quali rapporti esistano fra le fibre del nervo del tentacolo e del connettivo da una parte e gli elementi della zona corticale dall'altra; ma la grande complicazione dell'intreccio di filamenti dell'interposta

zona midollare mi ha impedito di arrivare a risultati precisi. Qualche volta prolungamenti delle piccole cellule monopolari si seguono attraverso la sostanza midollare fino in prossimità dell'inizio del nervo del tentacolo; ma non posso affermare che quei prolungamenti senz'altro si continuino per formare fibre di quel nervo.

Lo stesso devo ripetere per quanto riguarda il connettivo. Forse ulteriori ricerche permetteranno di gettare qualche luce su questi intricati rapporti; per ora io mi accontento di aver richiamato l'attenzione su questo organo nervoso a struttura così complessa, tanto più che esso, sia per il rapporto col nervo del tentacolo, sia per le linee generali della sua struttura, richiama il lobo ottico dei cefalopodi studiato in questi ultimi tempi colla reazione nera tra gli altri da Lenhossék (17) e da Kopsch (18). Mi mancano osservazioni personali sui cefalopodi e quindi non posso stabilire una omologia, tanto più che le modalità del rapporto fra il lobo ottico dei cefalopodi ed il nervo ottico sarebbero alquanto differenti da quelle fra il nervo del tentacolo e l'organo da me descritto: io spero però di poter continuare le indagini in questo indirizzo.

SISTEMA NERVOSO PERIFERICO.

Cute. — Nella cute dei *Limax* da Retzius colla reazione nera, lasciando da parte le cellule epiteliali che talora riescono esse pure impregnate, furono messe in evidenza cellule nervose di varia forma, le così dette *sinneszellen* o cellule sensitive, già scoperte da Flemming (19) con metodi a base di macerazione. Sono, come è noto, cellule di varia forma, le quali hanno come caratteristica comune quella di presentare uno o più prolungamenti che, insinuandosi frammezzo alle cellule dell'epitelio di rivestimento, arrivano alla superficie, ed un prolungamento, che con direzione opposta, si approfonda nei tessuti e si continua con una fibra nervosa (fig. 19 a, b). Havet si limita a dire che nella cute esistono cellule nervose monopolari, bipolari e pluripolari, che le cellule bipolari hanno un prolungamento periferico spesso ramificato i rami del quale vanno a terminare nelle parti più superficiali della pelle, che in alcuni punti si trovano gruppi di cellule bipolari profondamente situate nella parete del corpo, che i prolungamenti centripeti di queste cellule riunendosi in fascio formano un nervo e vanno a mettersi in rapporto coi gangli centrali. Nei miei preparati io ho ottenuto finalmente impregnato un gran numero di queste cellule nervose; il loro aspetto, l'ubicazione rispetto all'epitelio di rivestimento, il numero e la disposizione dei prolungamenti sono variabilissimi; descriverò brevemente le forme più caratteristiche e più frequenti.

Si possono distinguere diversi tipi. Le forme più semplici, ormai trovate da vari autori in una serie di invertebrati, sono rappresentate da cellule (fig. 19 a, b — fig. 20 a) a corpo tondeggianti od ovale con due prolungamenti che si dipartono dai due opposti poli del corpo cellulare. Di questi prolungamenti uno si porta verso la periferia, raggiunge l'epitelio di rivestimento e facendosi strada attraverso le cellule epiteliali arriva alla superficie del corpo; l'altro si porta verso le parti profonde, assume le note caratteristiche di un filamento nervoso e dopo un decorso più o meno lungo, e spesso dopo aver dato dei fini rami collaterali, si unisce ad uno dei fascetti nervosi che decorrono numerosi nelle parti superficiali della cute (fig. 19, 20, 21). Il modo col quale questo prolungamento centripeto si unisce al fascetto nervoso, cui è destinato, è vario, talora si piega semplicemente ad angolo ed assunta la direzione del fascetto si associa alle fibre che lo compongono

(fig. 22 a), talora si divide a T oppure a Y, formando due rami che si frammischiano alle fibre del fascio nervoso decorrendo in opposta direzione (fig. 22 b — fig. 23, 24 b).

In vari casi dal corpo di una delle cellule in esame si dipartono due prolungamenti centripeti con caratteri di fibra nervosa; questi due prolungamenti assumono direzione divergente e di solito si possono seguire fino ad un vicino fascetto nervoso al quale si applicano assumendo in esso opposta direzione (fig. 24 a — fig. 25).

Un secondo gruppo di forme è rappresentato da cellule che hanno corpo ovale ed un prolungamento nervoso centripeto come le precedenti; ma invece di avere un unico prolungamento periferico indiviso, ne hanno due o più, oppure hanno un prolungamento periferico che si divide una o più volte dando luogo a rami che si portano tutti a raggiungere la superficie della cute (fig. 24 b, 20 b, fig. 25, fig. 26 a, fig. 27 a, fig. 29).

Il prolungamento periferico, sia quando è semplice, sia quando è ramificato, non presenta i caratteri che siamo soliti di verificare nei prolungamenti nervosi, è piuttosto grossolano, a contorno alquanto irregolare, dal punto nel quale prende origine dalla cellula fino alla estremità va gradatamente assottigliandosi.

Cellule di questa natura con prolungamento periferico duplice o ramificato furono descritte anche da Retzius e da Havet nei gasteropodi; elementi affatto simili furono raffigurati dalla signorina Monti nella cute di alcuni dendroceli d'acqua dolce (21).

Si presenta ora la questione sulla natura del prolungamento periferico; dobbiamo noi ritenere che si tratti di un prolungamento nervoso o di una semplice propaggine del corpo cellulare, in altre parole di un prolungamento protoplasmatico? La questione è di difficile soluzione. Generalmente si ammette che le cellule nervose in esame abbiano una funzione di senso, che ricevano le impressioni dall'esterno per mezzo del loro prolungamento periferico e le trasmettano al centro per la via del prolungamento centripeto; entrambi i prolungamenti, tanto il centrale che il periferico sarebbero quindi di natura nervosa. Anch'io da principio era convinto dell'esattezza di questa interpretazione tanto più che i reperti di Apáthy negli Irudinei pareva fornissero all'interpretazione, stessa una base anatomica indiscutibile (dimostrazione di fibrille primitive che penetrate nella cellula sensitiva per la via del prolungamento centripeto formano un reticolo attorno al nucleo e passano di poi nel prolungamento periferico per raggiungere con questo la superficie).

I primi reperti mi confermarono in questa idea, trovai infatti che talvolta dal prolungamento periferico si staccano dei rami aventi tutti i caratteri di ramuscoli nervosi (fig. 30, 31 b), anzi in un caso trovai un ramo, indiscutibilmente continuo col tronco di un prolungamento periferico e che si poteva seguire per buon tratto ed aveva il comportamento di una vera fibrilla nervosa, anzi prendeva parte alla formazione del plesso nervoso intraepiteliale di cui parlerò appresso (fig. 31 a): in altri casi vidi dipartirsi dal prolungamento periferico dei rami con aspetto di fibrille nervose, i quali portandosi verso gli strati profondi della cute andavano ad ingrossare i fascetti nervosi quivi esistenti (fig. 32 a).

Questi fatti a prima vista sembrerebbe che valessero a dimostrare la natura nervosa del prolungamento periferico: ma altri reperti mi hanno suggerito la possibilità di una diversa interpretazione.

Si ha talvolta l'impressione che le fibre nervose costituenti il plesso cutaneo sottoepiteliale abbiano una certa tendenza ad addossarsi alle cellule nervose bipolari, ad applicarsi così strettamente al corpo od al prolungamento periferico di queste cellule da apparire fuse con esso in una massa unica.

Già Retzius aveva intraveduto la possibilità di questo fatto: le fig. 33, 32 a, 23, 30, 31, riproducono le immagini che a mio giudizio valgono ad avvalorare questo sospetto. Io credo assai probabile che i rami con aspetto nervoso che vedemmo staccarsi dal prolungamento periferico delle *sinneszellen*, per portarsi sia al plesso intraepiteliale sia ai fasci nervosi della cute (fig. 30, 31 a, 32 a) non siano altro che fibre nervose le quali per un tratto si sono così strettamente applicate al corpo della cellula ed al suo prolungamento da apparire fuse con esso. Ma esistono anche dei fatti che sono direttamente contrari all'interpretazione comunemente adottata riguardo alle *sinneszellen*: esistono di questi elementi nei quali il prolungamento nervoso centripeto si ripiega e si porta verso la superficie per quivi risolversi in rami che prendono parte alla formazione del plesso nervoso terminale (intraepiteliale) (fig. 28); altre volte non è tutto il prolungamento che segue questo decorso, ma solo un ramo collaterale, mentre il tronco principale si porta come d'ordinario verso un fascetto nervoso (fig. 27 a). Riassumendo: in favore della natura nervosa del prolungamento periferico delle *sinneszellen* abbiamo i fatti precisi di Apáthy, ed alcuni reperti colla reazione nera suscettibili però di diversa interpretazione; contro la natura nervosa del prolungamento periferico abbiamo i suoi caratteri di forma in molti casi, ed alcuni reperti isolati (*sinneszellen* che si mettono in rapporto colla superficie per mezzo del prolungamento centripeto).

In tali condizioni non possiamo che lasciare indecisa la questione dottrinale accontentandoci per ora della constatazione dei fatti.

Per quanto riguarda l'esistenza nella cute dei *Limax* di cellule monopolari accennate da Havet, io pure ho riscontrato spesso degli elementi in apparenza monopolari, ma non sono riuscito ad acquistare la certezza che quelle immagini corrispondessero alla realtà e non fossero per avventura dovute a reazioni incomplete.

Oltre agli elementi nervosi di cui fin qui ho tenuto parola esiste nella cute dei *Limax* un altro complesso sistema di fibre nervose che si estende negli interstizi delle cellule epiteliali di rivestimento fino alla superficie del corpo.

In preparati ben riusciti si può vedere colla maggiore chiarezza che dai fascetti nervosi decorrenti nella cute e già più volte menzionati si staccano isolate o riunite in fasci sottili delle fibrille che si portano verso l'epitelio e quivi giunte si ramificano formando un complicatissimo e fine plesso intraepiteliale (fig. 34, 35, 36, 37). Le estreme ramificazioni di questo plesso si spingono fin presso al limite esterno dell'epitelio. L'esistenza di questo plesso intraepiteliale io l'ho potuta constatare in varie regioni della cute, così che si può ragionevolmente supporre che esso sia esteso a tutta la superficie del corpo dell'animale. Mi riuscì particolarmente facile porlo in evidenza in corrispondenza di quel solco che decorre longitudinalmente ai margini laterali del piede; quivi l'epitelio è formato da cellule cilindriche con cilia vibratili, le fibrille nervose si spingono fino a livello del punto di impianto delle cilia al margine libero delle cellule (fig. 36). Nelle varie località il plesso offre forme e fisionomia di insieme alquanto differente, ritengo probabile che le differenze siano legate alle diverse forme degli elementi epiteliali di rivestimento (conf. tra loro le fig. 34, 35 e 36). In alcuni dei miei preparati si possono vedere contemporaneamente impegnati il plesso intraepiteliale ed alcune cellule sensitive (fig. 37). Plessi nervosi del genere di quello da me descritto erano stati osservati oltrechè negli integumenti e nelle mucose degli animali superiori anche in molti invertebrati (vermi, ecc.), ma finora, a quanto risultami, non erano ancora stati constatati nella cute dei gasteropodi. Nasce a questo punto la questione quali rapporti corrano fra il plesso intraepiteliale e le cellule

sensitive, questione che si collega all'altra, quale origine abbiano le fibre nervose che formano il plesso intraepiteliale.

Dirò subito che non ho dati per rispondere in modo esauriente alla domanda. Ho già detto che in qualche caso si possono vedere rami nervosi staccarsi dal prolungamento periferico delle cellule sensitive e prendere parte alla formazione del plesso intraepiteliale, ma ho pure accennato alla possibilità che tali rami solo apparentemente derivino dal prolungamento delle cellule sensitive e possano essere fibrille nervose che per un tratto del loro decorso si sono applicate così intimamente al prolungamento stesso da apparire fuse con esso. Parlando del tentacolo, dovrò descrivere degli elementi nervosi bipolari situati nello strato sottoepiteliale ed aventi un prolungamento nervoso centripeto ed un prolungamento periferico che si divide ripetutamente esaurendosi in una quantità di fibrille apparentemente nervose che si perdono nell'epitelio (fig. 41); in questo caso l'obiezione precedentemente fatta riguardo ai rami del prolungamento periferico delle sinneszellen potrebbe perdere di verosimiglianza; ma sorge poi un'altra obiezione: si possono far rientrare questi elementi nel gruppo delle vere sinneszellen o non devono piuttosto essere avvicinati alle cellule nervose che sparse ed aggruppate esistono lungo il decorso di tutti i nervi periferici? Ricordo pure che talvolta, come ho già detto, si vedono prender parte alla formazione dei plessi intrepiteliali prolungamenti o rami dei prolungamenti nervosi centripeti delle sinneszellen.

Come si vede, l'interpretazione degli apparati nervosi periferici (presumibilmente sensitivi) anche in questi animali ad organizzazione relativamente semplice incontra per ora grandi difficoltà.

TUBO DIGERENTE.

Per quanto riguarda l'innervazione del tubo digerente, le mie ricerche poco aggiungono a quanto era noto fin qui per le ricerche di Retzius, di Paravicini e di Smidt (12). Io pure sono riuscito a mettere in evidenza un ricchissimo intreccio di fibre nervose nei muscoli del bulbo faringeo; tali fibre presentano un aspetto particolare dovuto alle numerose varicosità od ingrossamenti a forma di pallottola, esistenti sul loro decorso ed alle estremità dei più fini ramuscoli terminali (fig. 38). È ben noto che Paravicini interpreta gli ingrossamenti terminali a pallottola delle fibre in esame come vere terminazioni motrici destinate a stabilire il rapporto fra la fibra nervosa e la fibrocellula muscolare. Io non posso associarmi a questa opinione, perchè non credo che i dati che finora possediamo ci autorizzino a concludere con certezza che le pallottoline apparentemente terminali rappresentino le vere terminazioni delle fibrille nervose e non piuttosto il punto in cui la reazione si è arrestata; anche gli argomenti che Paravicini trae a sostegno della sua tesi da quei casi in cui la fibra nervosa terminale e la fibrocellula muscolare erano contemporaneamente impregnate, non sono esenti da obiezioni; d'altra parte dopo i reperti di Apáthy, il quale nei vermi poté seguire le fibrille nervose primitive dentro il protoplasma delle fibre muscolari, appare pericoloso trarre delle conclusioni dai risultati di un metodo che nulla finora ci ha dato riguardo al decorso endocellulare delle fibrille nervose.

Pare adunque più conveniente di lasciare ancora sospesa la questione, tanto dibattuta, del modo di terminare dei nervi nei muscoli lisci fino a che i più fini metodi d'indagine, più largamente applicati, abbiano permesso di raccogliere più abbondante messe di fatti.

In rapporto coi fascetti nervosi che formano il plesso dei muscoli faringei esistono numerose cellule nervose (fig. 38 a, b, c, d, e): questi elementi furono già descritti da Paravicini, ne ho riprodotto alcuni in una figura da un preparato dove esse apparivano finamente impregnate. Alcune di queste cellule sono monopolari, il loro prolungamento di solito si divide a T dopo breve percorso formando due rami che si associano ad una fascetto nervoso avviandosi in opposta direzione (fig. 38 e). Le cellule pluripolari hanno prolungamenti in numero vario 2, 3, 4, ma tutti con uguali caratteri; spesso tali prolungamenti si possono seguire per un buon tratto ed allora si vede che qualche volta ad una certa distanza dalla cellula presentano delle varicosità ed assumono l'aspetto caratteristico che presentano le fibre formanti l'intreccio nervoso intramuscolare (fig. 38 a, b, c, d).

Frammezzo alle fibre muscolari colla reazione nera ho ottenuto spesso l'impregnazione di cellule piccole di varia forma con sottili prolungamenti ramificati ripetutamente; queste cellule certamente non sono di natura nervosa; io inclino a credere che siano elementi connettivi, forse si devono ravvicinare alle cellule connettive stellate descritte da Paravicini (22) in vari organi del corpo dei gasteropodi; le cellule vedute da me differiscono forse alquanto per la forma e per la dimensione da quelle dell'autore citato, ma tale differenza potrebbe mettersi in conto della diversità dell'organo nel quale le osservazioni furono fatte.

Per quanto riguarda l'apparato nervoso in rapporto colla superficie libera del canale digerente (presumibilmente sensitivo), io ho potuto mettere in evidenza in corrispondenza della bocca e della faringe un complicato plesso nervoso intraepiteliale e degli elementi simili alle *sinneszellen* descritte nella cute. Paravicini prima di me vide delle fibre nervose insinuarsi fra gli elementi epiteliali di rivestimento e dà anche una figura che riproduce tale reperto; le mie osservazioni su questo punto non hanno che un valore di conferma e di completamento. Come si vede dalla fig. 39, dal ricco plesso nervoso esistente al disotto dell'epitelio si staccano fibre o fascetti di fibre che giunte alla base delle cellule epiteliali inviano fra cellula e cellula sottili fibrille di solito rigide, quasi rettilinee, poco ramificate, che si spingono fino a contatto dello strato cuticolare che riveste la superficie dell'epitelio, quivi terminandosi talora a punta talora con piccoli ingrossamenti a clava. Gli elementi nervosi simili alle *sinneszellen* nella mucosa del faringe furono veduti da Havet e ultimamente studiati in uno speciale lavoro da Smidt. La forma di questi elementi nervosi corrisponde a quella delle comuni *sinneszellen* della cute, da queste si distinguono solo per il modo col quale il loro prolungamento periferico si termina alla superficie dell'epitelio. Questa differenza, come aveva già notato Retzius, con tutta probabilità è legata alla presenza, alla superficie dell'epitelio della cavità faringea, di uno strato cuticolare che manca nella cute; infatti anche nel rivestimento dei tentacoli esistono *sinneszellen* coi caratteri propri di quelle del tubo digerente, perchè anche là esiste uno strato cuticolare. Tratterò qui insieme di questi particolari elementi propri degli epiteli forniti di cuticola senza far distinzione se essi appartengono al faringe od al tentacolo. Smidt distingue due tipi, un primo tipo (*stachelzellen*) è rappresentato da elementi il prolungamento periferico dei quali piuttosto grosso e di forma irregolare arrivato alla superficie profonda della cuticola appare tagliato netto trasversalmente, dalla superficie del taglio si innalza una spina sottile che perfora lo strato cuticolare e si termina alla superficie libera. Un secondo tipo è rappresentato da elementi (*polypenzellen*) simili in tutto ai precedenti, salvo che il prolungamento periferico arrivato alla superficie profonda della cuticola, invece di continuarsi in una spina sottile, si risolve in un ciuffo di filamenti che divergono a ventaglio espandendosi sulla superficie profonda della cuticola senza perforarla. I miei reperti a questo riguardo non mi permet-

tono di confermare che in parte i risultati di Smidt; è ben vero che si ottengono spesso elementi terminanti con una appendice appuntita perforante la cuticola ed elementi terminanti con un ciuffo di filamenti apparentemente espansi al disotto della cuticola stessa, ma una più attenta osservazione dimostra che queste non sono che prodotti di incomplete reazioni. In preparati meglio riusciti infatti (fig. 40) si incontrano cellule riproducenti il solito tipo delle *sinneszellen* con un prolungamento periferico, il quale, arrivato alla superficie profonda della cuticola, si ingrossa leggermente ed emette una serie di sottili filamenti o ciglia divergenti a ventaglio; queste ciglia possono essere in numero vario, talora se ne trovano impregnate due o tre, talvolta si ha a che fare con un vero ciuffo di finissimi filamenti.

Quando le appendici filamentose terminali sono in gran numero, ho detto che si espandono a ventaglio, le più centrali perforano la cuticola in direzione normale alla superficie, le periferiche con direzione sempre più obliqua, fin tanto che le fibrille che partono dall'estrema periferia dell'ingrossamento terminale del prolungamento centrifugo della cellula assumono una direzione parallela alla cuticola applicandosi alla superficie profonda di questa. È opportuno ricordare qui che una disposizione simile fu descritta da Blochmann nel distoma epatico (23).

Riesce evidente che, data questa struttura, i due tipi distinti da Smidt non rappresentano che impregnazioni parziali, nelle *polipenzellen* sono colorate solo le spine periferiche del ciuffo, nelle *stachelzellen* solo una spina centrale: nei miei preparati invece si trovano le singole forme di passaggio e le forme complete. Qualcuno potrebbe pensare che invece di ciglia si trattasse di sottili canali perforanti la cuticola, l'ipotesi non si può escludere in modo assoluto, ma anche *a priori* appare assai poco probabile.

TENTACOLI.

Nella cute del tentacolo esiste un plesso nervoso intraepiteliale simile a quello della cute delle restanti regioni del corpo, inoltre vi si riscontrano le particolari forme di *sinneszellen* terminanti alla periferia con un ciuffo di ciglia, già descritte parlando della mucosa faringea, e le cellule con prolungamento periferico ramificato nello strato epiteliale pure già accennate discutendo l'origine dei plessi intraepiteliali (fig. 41).

Riguardo alle formazioni nervose profondamente situate nel tentacolo, non posso che confermare quanto già è ben noto, l'esistenza cioè di un ganglio formato da piccole cellule piriformi con un unico prolungamento nervoso che si perde in un intreccio di filamenti nervosi simile agli intrecci esistenti nella parte centrale dei grossi gangli nervosi. In questo intreccio anch'io ho vedute le particolari formazioni ricordanti le fibre *muscosae* del cervelletto già descritte da Retzius e confermate poi da tutti gli autori. Una particolarità nuova ha potuto mettere in evidenza in corrispondenza dell'occhio.

In parecchi de' miei preparati si vede che il nervo ottico, che, come è noto, è una diramazione del nervo del tentacolo, quando è arrivato in prossimità del globo oculare, si risolve in un plesso nervoso ricco e complicato che avvolge tutto il globo oculare stesso e dal quale partono le fibrille terminali destinate a mettersi in rapporto coll'epitelio visivo (fig. 42 e 43). Come il rapporto si effettui e come siano costituiti gli elementi formanti l'epitelio visivo, finora non mi è stato possibile di constatare colla necessaria chiarezza.

CONCLUSIONI.

I principali fatti risultanti dalle mie ricerche sul sistema nervoso dei *Limax* sono i seguenti:

- 1.° Esistenza nei gangli centrali del sistema nervoso di due tipi di cellule nervose: cellule nervose con un prolungamento che esce dal ganglio; cellule nervose con prolungamento che si esaurisce interamente ramificandosi nel reticolo della *punctsubstanz*.
- 2.° Esistenza di plessi nervosi pericellulari, dipendenza del reticolo della *punctsubstanz*, strettamente applicati alla superficie delle cellule nervose dei gangli centrali.
- 3.° Esistenza di un plesso nervoso intraepiteliale nella cute.
- 4.° Esistenza di un plesso nervoso attorno al globo oculare.

BIBLIOGRAFIA

- (1) RETZIUS G. — *Das sensible Nervensystem der Mollusken*, in *Biol. Unters.* Neue Folge, Bd. IV, S. 11, Tome IV e VI, 1892.
- (2) PARAVICINI G. — *Sulla minuta innervazione del canale digerente dell' Helix Pomatia*, in *Bollettino scientifico*. Anno 1898, N. 2, 3 e 4.
- (3) PARAVICINI G. — *Contribuzione alla conoscenza della minuta innervazione dei gasteropodi polmonati*. Pubblicazione privata.
- (4) PARAVICINI G. — *Ricerche anatomiche ed istologiche sui gangli stomatogastrici dei gasteropodi terrestri*. Pubblicazione privata.
- (5) TRAMBUSTI — *Sull'innervazione del cuore nell' Helix Pomatia*, in *Rivista internazionale di medicina e chirurgia*, 1885. Anno 11, N. 12.
- (6) ROHDE — *Die Ganglienzellen*, in *Zeitsch. f. w. Zoologie*. 1898, S. 6-97.
- (7) MAC CLURE — *The finer structure of the nervecells of invertebrates. 1 Gastropoda*, in *Zool. Jahrb. Abth. f. Anat. u. Ontogenie*. Bd. XI, p. 13-60, with 2 plates.
- (8) MAC CLURE — *On the presence of centrosomes and attractions spheres in the ganglion cells of Helix pomatia, with remarks upon the structure of the cell body*.
- (9) APÁTHY ST. — *Das leitende Element des Nervensystems und seine topographischen Beziehungen zu den Zellen*, in *Mitth. a. d. Zool. Station zu Neapel*. Bd. 12.
- (10) HAVET I. — *L'état moniliforme des neurones chez les invertébrés, avec quelques remarques sur les vertébrés*, in *La Cellule*, Tome XVI, Fasc. 1, 1899.
- (11) HAVET I. — *Note préliminaire sur le système nerveux du Limax*, in *Anat. Anz. Bol.* 16., N. 10, 11, 1899.
- (12) SMIDT H. — *Die Sinneszellen der Mundhöhle von Helix*, in *Anat. Anz. Bol.* 16, N. 23.
- (13) VOGT et JUNG. — *Traité d'anatomie comparée pratique* — Paris, C. Reinwald. Ed. 1888. Comd. 1°.
- (14) JOURDAIN — *Sur le système nerveux des embryons de Limaciens et sur les relations de l'otocyste avec ce système*, in *Compt. rend. de l'Académie des sciences*. Tome 100, 1885, 1 Sém.
- (15) DE LACAZE-DUTHIERS H. — *Les ganglions dits palpeaux et le stomato-gastrique de quelques Gasteropodes*, in *Arch. de zool. expér. et gén.* Troisième série, Tome IV. Paris, 1898, pag. 331.
- (16) LANG — *Traité d'anatomie comparée et de zoologie*. Trad. CURTEL, CABRÉ et NAUD. Ed. Paris, 1896.
- (17) VON LENHOSSÉK M. — *Zur Kenntniss der Netzhaut der Cephalopoden*. Leipzig, 1894, in *Zeitsch. f. wiss. Zoologie*. Bd. LVIII, H. 4.
- (18) KOPSCH FR. — *Mittheilungen über das Ganglion opticum der Cephalopoden*, in *Journ. int. d'anat. et de physiol.* — Tome XVI, Fasc. 3, 4, 1899.
- (19) FLEMMING W. — *Die haaretragenden Sinneszellen in der Oberhaut der Mollusken*, in *Arch. f. mikr. Anat.* Bd. VI, 1889.
- (20) FLEMMING W. — *Untersuchungen über Sinnesepithelien der Mollusken*, in *Arch. f. mikr. Anat.* Bd. VI, 1870.
- (21) MONTI R. — *Sul sistema nervoso dei dendroceli d'acqua dolce* — Not. I, in *Boll. scientifico*. N. 2, 3, 1896.
- (22) PARAVICINI G. — *Osservazioni istologiche sulla cellula connettiva stellata dei Gasteropodi*. Pubblicazione privata.
- (23) BLOCHMANN I. — *Die Epithelfrage bei Cestoden und Trematoden. Vortrag gehalten auf der VI. Jahresversammlung der deutschen zool. Ges. zu Bonn*, 1896.

SPIEGAZIONE DELLE FIGURE

TAVOLA PRIMA.

Fig. 1. Sezione di un ganglio pedidio:

- a) cellula del primo tipo,
- b) cellula pluripolare del 2° tipo.

„ 2. Sezione di un ganglio pedidio:

- b, b') cellule del 2° tipo,
- c) tronco nervoso che entra sulla porzione midollare del ganglio.

„ 3. Sezione di un ganglio cerebroide. Cellula del 2° tipo.

„ 4. Sezione di un ganglio cerebroide. Gruppo di cellule del 2° tipo.

„ 5. Sezione di due gangli simmetrici sottoesofagei e del connettivo che li unisce. Il prolungamento di una cellula del 1° tipo di un ganglio va a ramificarsi nella *punksubstanz* dell'altro ganglio. Il corpo cellulare è restato compreso in un'altra sezione.

TAVOLA SECONDA.

Fig. 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13. Varie forme di cellule coi plessi nervosi pericellulari — rapporto fra questi plessi ed il reticolo della *punksubstanz*.

„ 14. Entrata di un nervo periferico nella *punksubstanz*.

„ 15. Gangli stomato-gastrici e commissura che li unisce:

- a, a') cellule del 1° tipo,
- b, b') cellule del 2° tipo,
- c, c, c) plessi nervosi pericellulari.

„ 16. Sezione trasversa del particolare organo nervoso situato all'estremità laterale del ganglio cerebroide (ganglio ottico?):

- A. porzione corticale.
- B. porzione midollare.
- C. nervo del tentacolo.
- D. connettivo che unisce il ganglio al resto della massa sopraesofagea.

„ 17. Lo stesso organo — dimostrazione del reticolo della sostanza corticale:

- A. Porzione corticale.
- B. Porzione midollare:
- a, a') piccole cellule monopolari della sostanza corticale,
- b, b', b'', b''', b'') fascetti di fibrille finissime che si portano dalle sostanze midollare al reticolo della sostanza corticale.

„ 18. Lo stesso organo:

- A. porzione corticale.
- B. porzione midollare.
- a, a') elementi pluripolari della sostanza corticale.

TAVOLA TERZA.

Fig. 19. Varie forme di cellule sensitive (*sinneszellen*) della cute.

Frammento di una sezione di cute. *Sinneszellen*, rami nervosi che si portano al plesso intraepiteliale.

„ 20. a) cellula sensitiva con prolungamento periferico indiviso.

b) cellula sensitiva con prolungamento periferico diviso in due rami.

„ 21. Cellula sensitiva — rapporto del prolungamento centripeto coi fasci del plesso nervoso della cute.

Fig. 22. Due cellule sensitive:

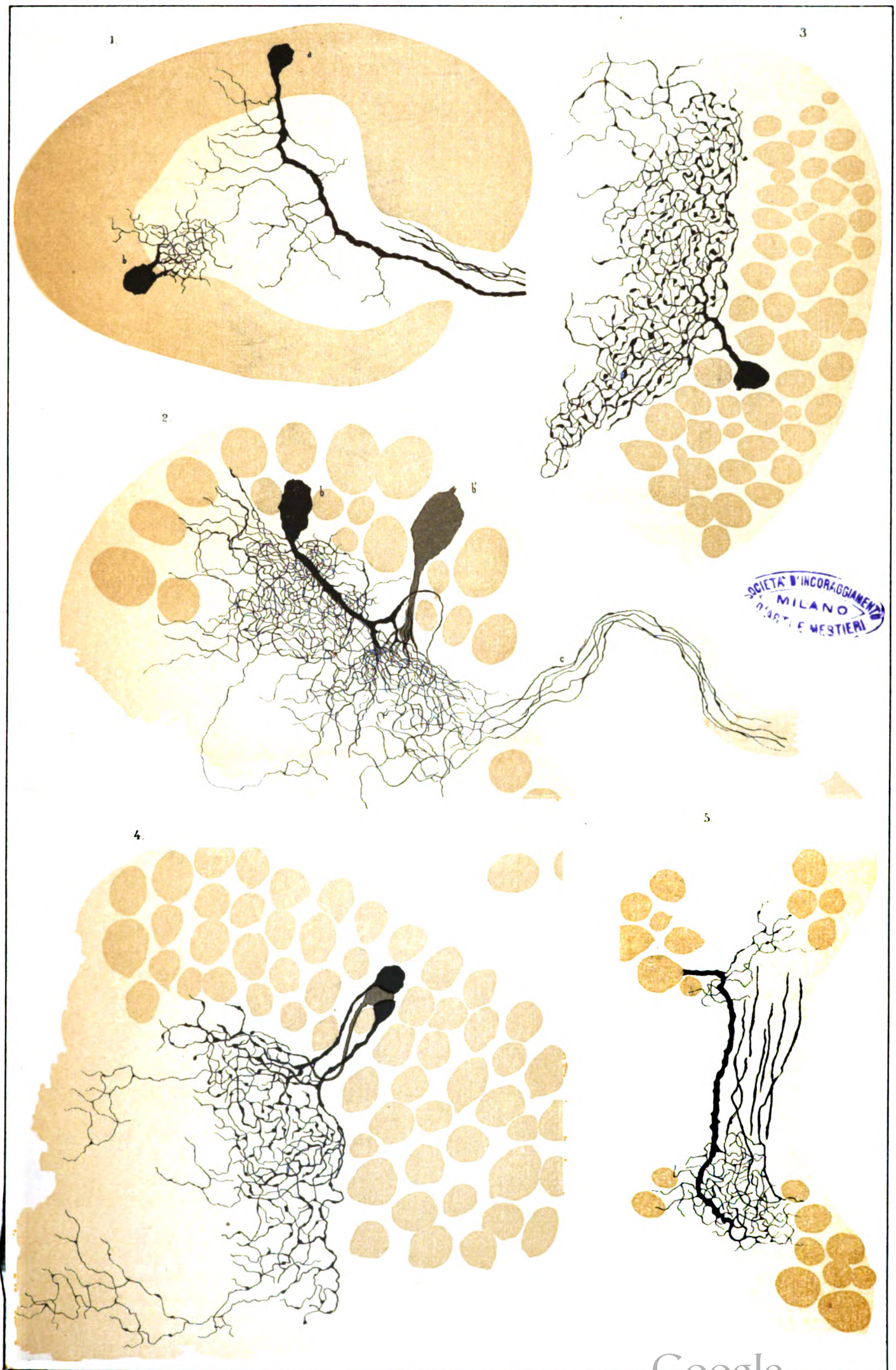
- a) cellula sensitiva con prolungamento centripeto fornito di collaterali e diviso a T,
- b) cellula sensitiva di forma semplice.
- 23. Cellula sensitiva — una fibra proveniente dal plesso nervoso della cute si addossa al corpo ed al prolungamento periferico della cellula.
- 24. a) cellula sensitiva con due prolungamenti centripeti,
- b) cellula sensitiva con doppio prolungamento periferico.
- 25. Cellula sensitiva con doppio prolungamento centripeto e prolungamento periferico ramificato.
- 26. a) cellula sensitiva con doppio prolungamento periferico,
- b) cellula sensitiva di forma semplice.
- 27. Due cellule sensitive.
- a) Un ramo del prolungamento centripeto si porta alla periferia.
- 30. Cellula sensitiva — una fibra nervosa a, a', si addossa al corpo della cellula ed al suo prolungamento periferico confondendosi con esso per breve tratto: più tardi se ne stacca così che si può credere che il prolungamento periferico dia un ramo con caratteri di fibra nervosa.
- 31. Gruppo di cellule sensitive:
- a) dal prolungamento periferico si vede staccarsi un ramo nervoso che prende parte alla formazione del plesso intraepiteliale. Sebbene la continuità fra il tronco del prolungamento ed il ramo apparisca perfetta anche coi più forti ingrandimenti, si può sospettare che si tratti anche qui, come nel caso riprodotto nella fig. 30, di un filamento nervoso che si sia addossato al prolungamento per un tratto del suo decorso per poi nuovamente distaccarsene;
- b) cellula sensitiva. — Dal prolungamento periferico si stacca un ramo con caratteri di fibrilla nervosa.

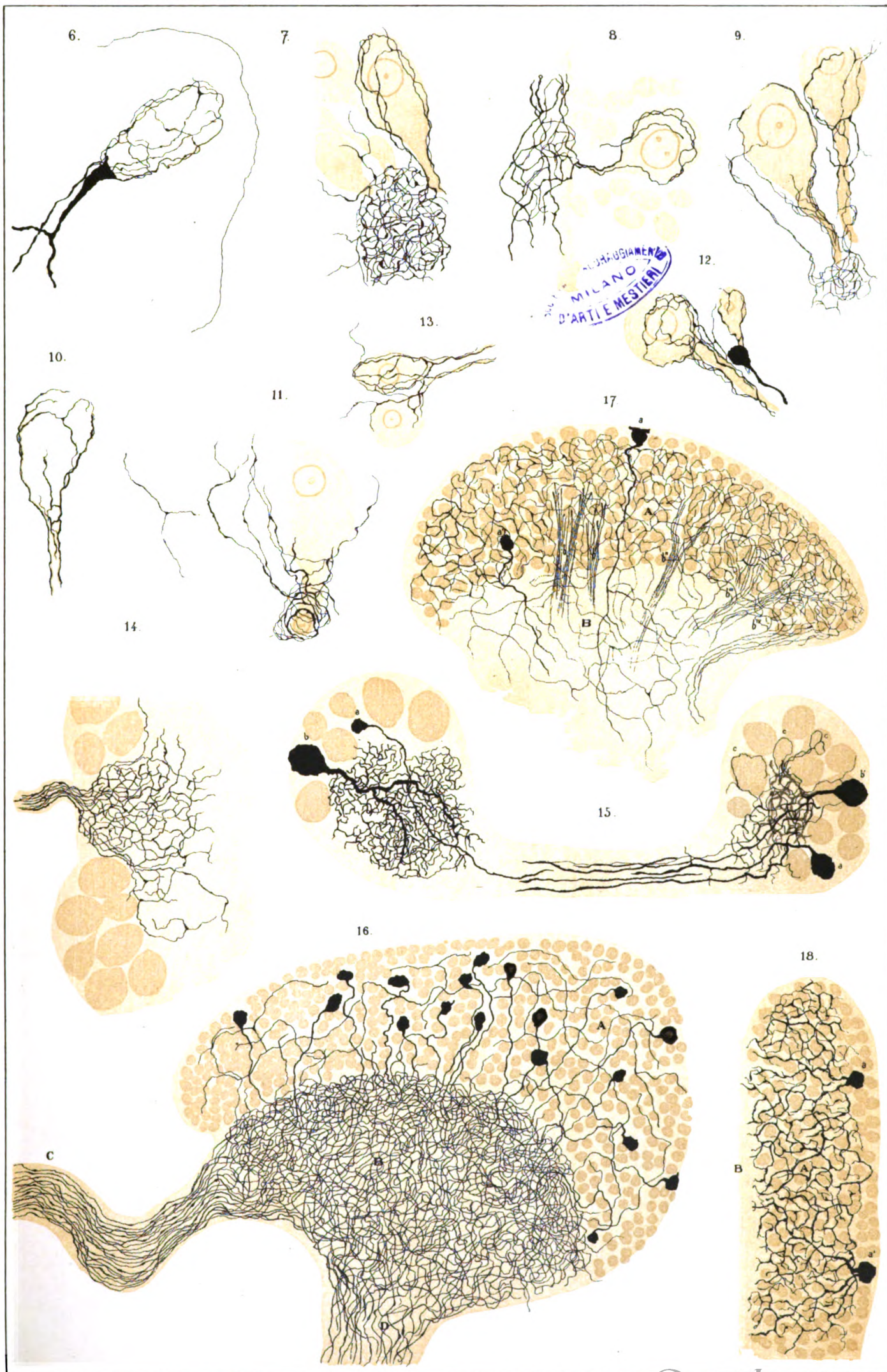
TAVOLA QUARTA.

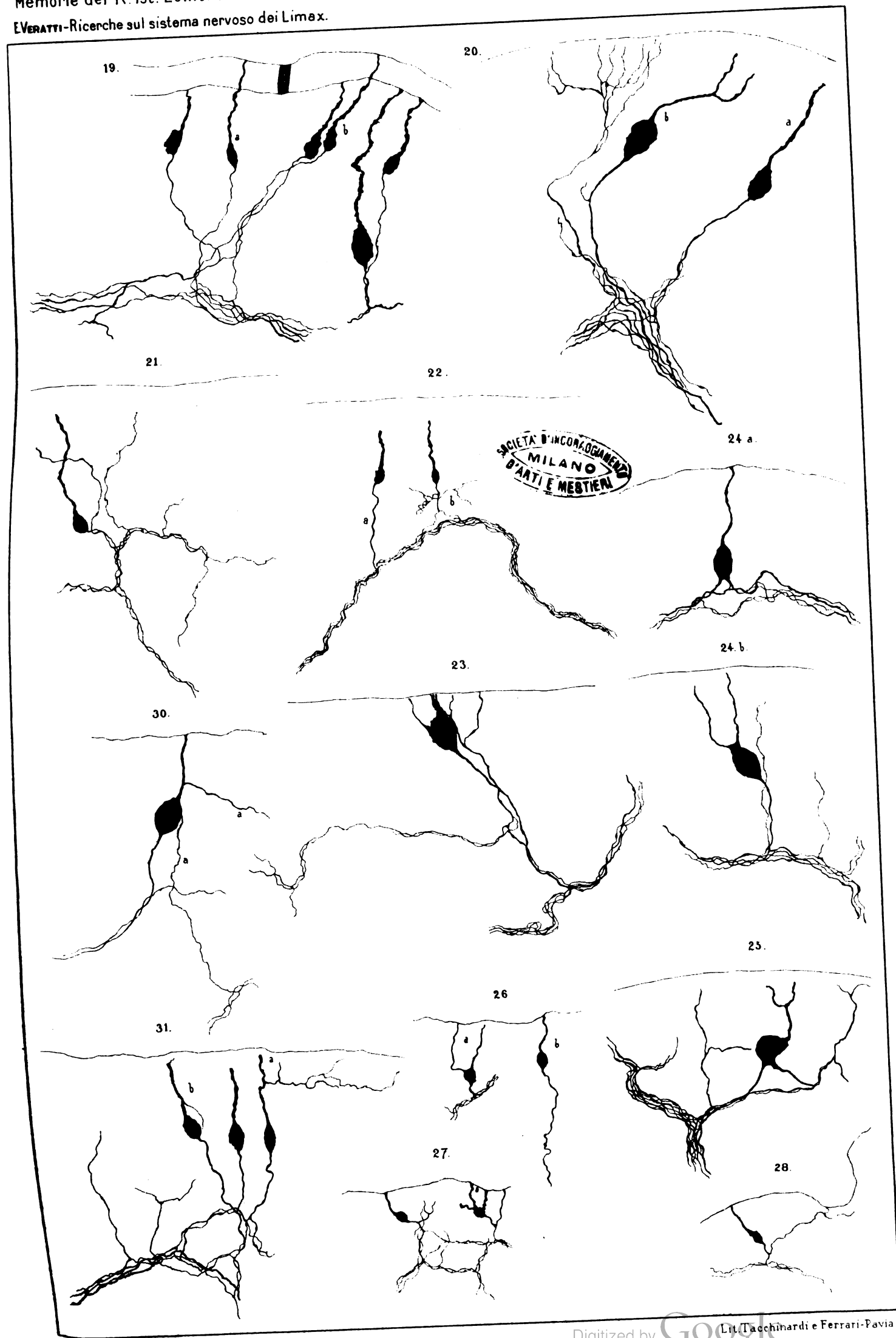
Fig. 29. Cellula sensitiva con prolungamento periferico ramificato.

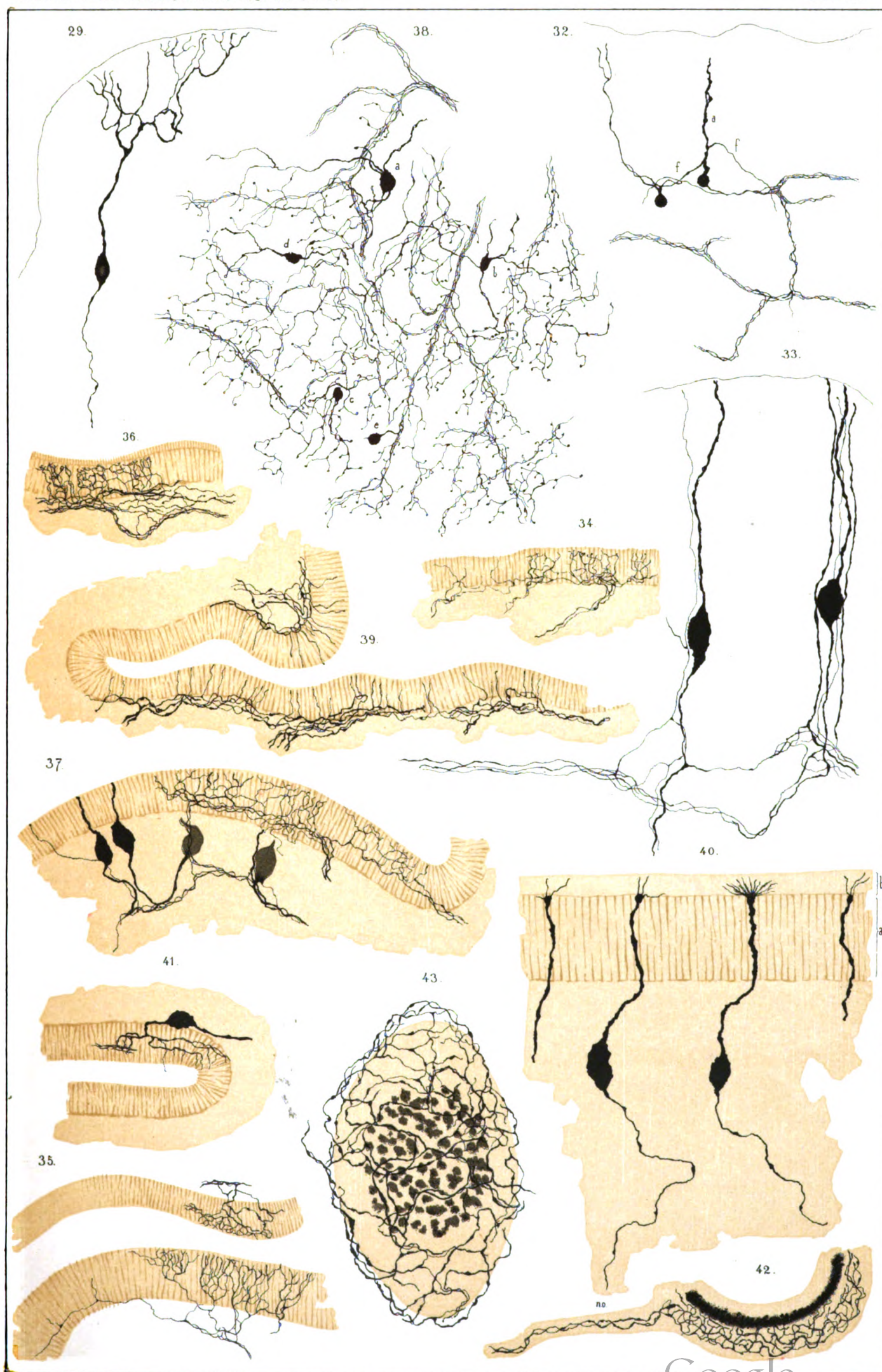
- 32. a) cellula sensitiva — una fibra nervosa f, f' si addossa per un tratto al prolungamento periferico poi se ne stacca.
- 33. Rapporto fra le cellule sensitive e le fibre che dal plesso nervoso della cute si portano all'epitelio.
- 34 e 35. Plesso nervoso intraepiteliale nella cute.
- 36. Plesso nervoso intraepiteliale in un punto della cute coperto da epitelio con cilia vibratili.
- 37. Plesso nervoso intraepiteliale della cute e cellule sensitive.
- 38. Intreccio di fibre nervose nella parete muscolare del faringe.
- a, b, c, d, e) elementi nervosi di varia forma.
- 39. Plesso nervoso intraepiteliale nell'epitelio di rivestimento della cavità boccale.
- 40. Varie forme di terminazioni del prolungamento periferico delle cellule sensitive in corrispondenza di un epitelio fornito di cuticola.
- a) epitelio,
- b) cuticola.
- 41. Elementi nervosi bipolari con prolungamento periferico ramificato nell'epitelio — cute del tentacolo superiore.
- 42. Plesso nervoso circondante il globo oculare — in sezione
n. o — nervo ottico. —
- 43. Plesso nervoso circondante il globo oculare. — Veduto di fronte.











2007

BIBLIOGRAFIA DEGLI SCRITTI EDITI

DI

ALESSANDRO VOLTA

MEMORIA

del dottor FRANCESCO FOSSATI

letta nell'adunanza del 15 febbrajo 1900.



NOTA PRELIMINARE.

Gli scritti che il sommo Fisico di Como concesse, lui vivente, alla stampa e quelli che, dopo la morte di lui, furono da altri pubblicati sono in tal numero e così disseminati in tanti libri e periodici, che ben difficile riesce il raccapizzarsi. Non dico di quel molto che rimane ancora inedito depositato presso il r. Istituto Lombardo e presso l'Archivio di Stato milanese, nonchè di quello che esiste presso i fratelli, nipoti del grande, nobili signori prof. Alessandro e avv. cav. Zanino Volta. Quegli scritti attendono tuttora il senno e la mano di chi, sceverando con giusto criterio l'utile dall'inutile, potrà mandarli alla luce. Allora le età venture, venute in possesso di tutto il lavoro intellettuale di Volta, potranno meglio conoscere, studiare, apprezzare l'uomo e la grande opera sua, se pur farà duopo, perocchè Volta è tale che per decorrere di tempo non sbiadisce la sua fama e la sua gloria.

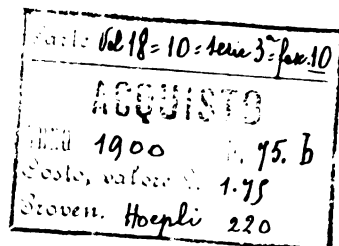
Per determinare però tutto quello che di lui è già diffuso nel mondo torna profittevole la compilazione di una completa bibliografia, che rappresenti, fino ad oggi, il contributo e l'impulso dato dal Volta alla sua scienza. Io mi sono ingegnato di procurare questa bibliografia, non dico già completa, che sarebbe soverchio presumere, ma colla minore imperfezione possibile, perocchè le gravi difficoltà e le mie deboli forze mi fanno riconoscere pur troppo di essere riuscito insufficiente, quantunque abbia ricercato dappertutto, consultato autori e interrogato persone, che mi furono cortesi di loro benevolenza (1). Se il compito era arduo, lungo, non mi sono per questo scoraggiato, anzi presi animo da quello che altri più valenti hanno fatto prima di me nel medesimo campo.

La prima bibliografia voltiana è, ch'io mi sappia, il *Catalogo delle opere state pubblicate dal Volta sino a tutto l'anno 1813* stampato in fine alla memoria dello stesso Volta intitolata "L'identità del fluido elettrico col così detto fluido galvanico", resa pubblica dall'ab. prof. Pietro Configliachi in Pavia l'anno 1814. Quel catalogo comprende 44 titoli (2).

(1) È mio dovere di esternare qui la mia più viva obbligazione e gratitudine ai signori fratelli nobili prof. Alessandro e cav. avv. Zanino Volta, che gentilmente ebbero a fornirmi notizie e schiarimenti; all'egregio prof. dott. Salvatore Crotta, la cui varia coltura mi fu di non lieve aiuto; al sotto-bibliotecario della Braidense cav. Vincenzo Forcella

per le gentilezze usatemi nelle mie lunghe ed insistenti ricerche.

(2) Vidi in qualche esemplare che il prof. Configliachi fece appiccicarvi un foglietto a stampa per l'aggiunta di altri quattro titoli omessi nel detto catalogo.



Comparve nel 1877 nelle "Memorie della R. Accademia di scienze, lettere ed arti in Modena", tomo XVII, la *Bibliografia delle opere del Volta*, compilata dal compianto prof. Pietro Riccardi, il quale vi premise alcune *Note bibliografiche* ed un *Elenco delle memorie concernenti la biografia di Alessandro Volta*. Questa bibliografia non fornisce che 60 titoli, essendosi l'egregio suo compilatore attenuto alle opere voltiane d'argomento strettamente scientifico, ad eccezione di ben poche consistenti in componimenti poetici.

Il *Catalogo* Configliachi è troppo embrionale ed oggi è di nessun momento. La *Bibliografia* Riccardi merita invece considerazione, prima perchè assorbe il precedente e si estende a maggior numero di titoli, poi perchè è corredata di note interessanti. Senonchè il ch. prof. Riccardi non sempre nel suo lavoro ha tenuto conto delle date, cosa essenzialissima per gli scritti voltiani; inoltre è piaciuto a lui di raggruppare sotto un medesimo numero più scritti, e di elencare le raccolte voltiane, come la collezione fattane dall'Antinori, le lettere edite da Montanari a Pesaro, ed altre, dopo aver già elencate le singole opere nel corpo della bibliografia.

Io mi sono appigliato a un diverso partito, quello di disporre gli scritti di Volta in ordine cronologico, e ciò nella convinzione che, così procedendo, si può meglio seguire lo svolgersi progressivo delle idee e delle sperienze del nostro scienziato; ho esposto di ciascuno scritto l'argomento, riferendo anche le prime parole testuali, onde non cada dubbio su nessuno di essi, nè si possa pigliare l'uno per l'altro, come pur troppo è già accaduto, stante la somiglianza dei titoli; ho citato poi tutte le opere, dove trovare gli scritti medesimi, nel che ho impiegata la massima cura, avendo avuto sott'occhio le opere stesse, eccetto alcune poche tra quelle pubblicate all'estero, per le quali ho dovuto fidarmi dell'asserzione altrui; ho tenuto calcolo perfino di alcuni brani di lettere, di quei soli però che presentano una certa importanza, sparsi in vari libri, e in questo fare mi è riuscito di rendere intiera qualche lettera avvicinando due diversi autori.

Nel produrre le date delle lettere di Volta m'accorsi che non tutte hanno una data certa, e allora mi sono studiato di scoprire a qual tempo esse possono riferirsi, distinguendone poi col segno dubitativo il tempo da me presunto.

Il centenario della pila, celebrato nel decorso anno, ha procurato il beneficio di speciali e svariate pubblicazioni, dove qua e là si trovano scritti di Volta, de' quali io feci tesoro per la bibliografia. Devo però confessare che non è pervenuto a mia notizia se in quella occasione siasi fatta viva all'estero qualche memoria o lettera inedita del nostro scienziato.

Nel citare le fonti, donde trarre gli scritti voltiani, ho seguito l'uso comune e molto comodo delle abbreviazioni convenzionali, la di cui spiegazione leggesi nell'elenco alfabetico messo in fronte al lavoro, quale elenco è per sè solo un'altra bibliografia voltiana non affatto inutile, perchè a colpo d'occhio fa conoscere quanto abbondante sia il materiale da consultare per approfondire uno studio sulle opere del nostro sommo fisico.

L'ordine cronologico da me prescelto mi ha condotto a mescolare le lettere famigliari colle lettere e memorie scientifiche; ma se queste importano alla scienza, quelle non interessano meno alla vita dell'individuo e alla storia dei tempi; chi studia l'uomo in tutte le sue facoltà e vicende ha bisogno delle une e delle altre.

Lo stesso ordine cronologico mette in evidenza tutto il lungo periodo della massima attività intellettuale, a cui possa arrivare un uomo della tempra adamantina di Volta. L'ingegno suo, affermatosi così validamente nel 1769 colla dissertazione *De vi attractiva ignis electrici*, etc., indirizzata al p. Beccaria, si svolge e si sviluppa dal 1775 in avanti

con un crescendo maraviglioso fino a toccarne l'apogeo colla invenzione della pila e poi colla trionfale memoria del 1805 pubblicata dal prof. Configliachi. E si noti che il Volta, quale professore esatto e coscienzioso della università ticinese, consumava i giorni nelle sue acclamate lezioni e continue sperienze. Tanta intensità di lavoro e tanta produttività di pratici effetti a stento s'incontra nella storia degli individui; eppure quello che è noto di Volta forse non raggiunge la metà di quello che egli ha trasmesso ai posteri.

Nella seconda parte della bibliografia (riservata la prima esclusivamente agli scritti propri di Volta) ho raccolto non solo ciò che la opinione dei dotti attribuisce a lui o suppone uscito dalla sua mente, ma ho pure accennato a quanto alcuni autori celebri, contemporanei al grand'uomo, scrissero nelle loro opere in riguardo alle teorie e sperienze da lui divulgate. Questi autori ci somministrano la più autentica testimonianza della fama che il nostro comasco s'era acquistata nel mondo scientifico anche molto prima ch'egli inventasse la pila.

Dalla bibliografia voltiana scaturisce chiaramente anche la forma dello scrivere preferita dal grand'uomo. Sembra ch'egli di buon proposito rifuggisse da ogni altra forma che non fosse la epistolare, perocchè con essa sentiva di poter più liberamente, più confidenzialmente esprimere e spiegare le sue teorie, i suoi trovati scientifici; era schivo del fare cattedratico, e per questo si hanno di lui pochi scritti sotto forma di memorie, di discorsi, adottata solo per la necessità di doverli presentare o leggere a corpi accademici; il più spesso invece sono lettere, con cui va informando i suoi non gelosi amici e leali corrispondenti di quanto egli veniva scoprendo nella scienza fisica, sicuro di svelare al mondo nuovi ed importanti segreti della natura.

La Collezione delle opere voltiane procurata da Vincenzo Antinori nel 1816 non contiene che 67 scritti. È manchevole per aver ommesso degli scritti importantissimi che avanti a quell'anno erano già editi. E il perchè di questo? Forse, come taluno pensa, perchè vi entrò il consiglio dell'illustre patrizio comasco; ma più probabilmente perchè Antinori non conobbe tutte le opere di Volta (3).

Il bisogno di raccogliere in un sol corpo queste, dirò così, sparse membra a beneficio degli scienziati e di chiunque voglia conoscere tutto il Volta, fu già da tempo avvertito, ed il ch. prof. Riccardi nelle citate sue *Note bibliografiche* accenna appunto alla intenzione di due benemeriti professori, i signori comm. Gherardi e comm. Grimelli, di compilare un supplemento alla Collezione Antinori, comprendendovi gli scritti ivi omessi e quelli venuti in luce posteriormente. In questo senso fece pure le sue proposte di recente un altro professore, il nobile Alessandro Volta juniore, nel discorso da lui tenuto nel primo Congresso degli elettricisti convenuti in Como lo scorso settembre (4). E invero se Kepler, se Galileo, se Bernoulli, se Lagrange ed altri celeberrimi rivissero e vivono tuttora nelle loro opere riunite in una edizione unica, perchè non sarà altrettanto delle opere del non men celeberrimo Volta?

E appunto perchè il Volta è tale, non basta un semplice supplemento alla collezione delle opere sue fatte dall'Antinori, divenuta oggidì rara; questo intese anche il Congresso

(3) L'Antinori stesso nella sua Lettera dedicatoria fa comprendere d'aver estratti gli scritti di Volta dai differenti giornali della ricchissima e scelta biblioteca di S. A. I. R. Ferdinando III granduca di Toscana.

(4) *Sull'opportunità di raccogliere in una pubblicazione unica le opere sparse di Alessandro Volta. Proposte del prof. Alessandro Volta Jr.* — Milano, 1899, tip. Bernardoni di C. Rebeschini e C.

degli elettricisti, il quale, accogliendo la proposta del ch. prof. A. Volta juniore e formulando il suo ordine del giorno da presentare al Governo, la modificò nel senso di una pubblicazione completa e intera delle opere voltiane, comprese e non comprese nella collezione Antinori.

Allo scopo quindi di concorrere in così importante e doveroso lavoro, io composi il seguente elenco, che consegno a questo illustre Corpo accademico.

Gennajo 1900.

ABBREVIAZIONI.

- AM. SC. D'OP. — "Scelta d'opuscoli interessanti", dell'ab. Carlo Amoretti. Milano, I edizione in 16°, II in 4°.
- AM. OP. SC. — "Opuscoli scolti sulle scienze e sulle arti", raccolti dallo stesso. Milano.
- ANN. STAT. — "Annali universali di statistica", Milano.
- ANN. UN. — "Annali universali di agricoltura, industria ed arti economiche", Milano.
- ANN. DE CH. — "Annales de chimie", Paris.
- ANT. COLL. — "Collezione delle opere del cav. conte Alessandro Volta patrizio comasco", edita da Vincenzo Antinori. Tomi 3 in 5 parti. Firenze, nella stamperia di Guglielmo Piatti, 1816.
- ANT. FIR. — "Antologia", di Viciusseux, Firenze.
- ANT. ROM. — "Antologia Romana", Tom. VII (1781) fasc. di maggio, n. 46. Roma, presso Gregorio Settari.
- A. VOLTA. — "Lettere del sig. D. Alessandro Volta comasco e decurione sull'aria infiammabile nativa delle paludi", Milano, nella stamperia di Giuseppe Marelli, 1777.
- BAR. SAGGIO. — "Saggio di naturali osservazioni sull'elettricità voltiana colla descrizione di una seconda macchina a corona di persone e di un piliere tutto vegetabile", del dott. Giuseppe Baronio. Milano, presso Pirotta e Maspero, 1806.
- BELL. — "L'invenzione della pila nella poesia italiana", studio del prof. dott. Antonio Belloni. In "Voltiana; Nel I centenario della pila; contributo del R. Liceo-Ginnasio alle onoranze a Volta", Como, Omarini Vittorio, editore, 1899.
- BIAD. A. VOLTA. — "Alessandro Volta ai veronesi Pietro Cossali e A. M. Lorgna", Lettere editte da Giuseppe Biadego per nozze Maffei-Faccioli. Verona, tip. G. Franchini, 1899.
- BIB. BRIT. — "Bibliothèque britannique des sciences et des arts", Genève.
- BR. ANN. — "Annali di chimica e storia naturale", di Luigi Brugnatelli. Pavia.
- BR. BIBL. — "Biblioteca fisica d'Europa", dello stesso. Pavia.
- BR. GIOR. — "Giornale fisico-medico per servire di seguito alla Biblioteca fisica d'Europa", dello stesso. Pavia.
- BR. GIOR. FIS. — "Giornale di fisica, chimica e storia naturale", dello stesso. Pavia.
- CANT. DISC. — "La mente di Alessandro Volta", Discorso del prof. comm. Giovanni Cantoni, in "Onoranze ad Alessandro Volta", Pavia, Successori Bizzoni, 1878.
- CANTÙ, IT. ILL. — "Italiani illustri ritratti da Cesare Cantù", Milano, libreria Brigola, tip. Sociale, 1874.
- CANTÙ, VIAGGIO. — "Cesare Cantù, Viaggio di Alessandro Volta in Firenze", In "Archivio storico italiano", serie III, t. XVIII, anno 1873, Firenze.
- CERM. PROV. D. DOM. — "Un'avventura sportiva di Alessandro Volta. Lettera inedita", pubblicata dal prof. Mario Cermenati in "La provincia di Como della Domenica", Como, tip. Cooperativa Comense, 1899.
- CERM. VOLTA ALP. — "Mario Cermenati, Volta alpinista", Torino, per cura del Club alpino italiano (sede centrale), 1899.
- CIC. — "Risposta del celeberrimo Volta ad una lettera del canonico Giacomo Ciceri", Como, Figli di C. A. Ostinelli, 1865.
- COMM. LIPS. — "Commentarii de rebus in scientia naturali et in medicina gestis", Lipsiae.

- CORR. LARIO. — "Corriere del Lario, gazzetta della provincia di Como", Anno XVI, sabato 22 luglio. Como 1865.
- DELAM. JOUR. — "Journal de physique, de chimie, d'histoire naturelle, et des arts", par I. Cl. Delaméthérie. Paris, chez I. I. Fuchs.
- DELF. RIV. — "Lettera di Alessandro Volta a Orazio Delfico", edita dal sen. march. Trajano Delfico De Filippis conte di Longano in "Rivista abruzzese di scienze e lettere diretta da O. Albi, E. Cerutti, F. Occella, V. Savorini", Anno II, fasc. 2, febbraio. Teramo, tip. del Corriere Abruzzese, 1887.
- FOSS. LETT. — "Dott. Francesco Fossati, Una lettera inedita di Alessandro Volta", Como, F. Ostinelli di C. A., 1892.
- GAZZ. MIL. — "Gazzetta di Milano", Anno 1823.
- GIOR. ACC. GIOE. — "Giornale del Gabinetto letterario dell'Accademia Gioenia", T. I, Catania, per G. Pappalardo, 1834.
- GIOR. PIS. — "Giornale Pisano di letteratura, scienze ed arti", Pisa, Stamperia del Giornale.
- GRN. — "Journal", e "Neues Journal der Physik", del prof. Dott. Fr. Alb. Carlo Gren di Halle. Halle e Lipsia.
- LETT. D'ILL. IT. — "Lettere inedite d'illustri italiani che fiorirono dal principio del secolo XVIII fino ai nostri tempi", Milano, dalla Società tipografica de' classici italiani, 1835.
- LETT. DI QUARANTA. — "Lettere di quaranta illustri italiani del secolo XVIII", Milano, presso Santo Bravetta, 1836.
- LETT. REGGIO. — "Lettere di vari illustri italiani del secolo XVIII e XIX a' loro amici e de' massimi scienziati e letterati nazionali e stranieri al celebre ab. Lazzaro Spallanzani", Tomi III e VII. Reggio, coi tipi Torreggiani e C., 1841-43.
- LETT. VOLT. — "Lettere Voltiane", edita da Alessandro e Zanino Volta. Como, tip. Antonio Giorgetti, 1884.
- MAFFI. — "Sac. Pietro Maffi, Due lettere inedite di A. Volta", in "Annuario storico meteorologico italiano per l'anno 1900", diretto da Giuseppe Boffito e Pietro Maffi. Vol. II, 1899. Torino, 1900.
- MAGR. NOT. — "Prof. Luigi Magrini, Notizie biografiche e scientifiche su Alessandro Volta", in "Atti del R. Istituto Lombardo di scienze, lettere ed arti", Vol. II, pp. 254-283. Milano, tip. Bernardoni, 1860-61.
- MAGR. OSS. — Lo stesso. "Intorno un compito osservatorio meteorologico proposto da Alessandro Volta sino dal 1791", Detti Atti, Vol. II, pp. 239-253.
- MAR. SCINT. — "Lettere inedite di italiani illustri. Alessandro Volta", pubblicate dal prof. Tito Martini del liceo Foscarini di Venezia, in "La Scintilla. Rivista letteraria settimanale", Anno VIII, n. 23, 10 giugno. Venezia, tip. ex Cordella nell'Orfanotrofio ai Gesuati, 1894.
- MEL. CAL. — "Lettera di Alessandro Volta al Dott. Giuseppe Frank", edita dall'avv. cav. Vincenzo Melissari, in "Calabria, Giornale politico-letterario", diretto da Diego Armando Meduri. Anno VII, n. 21, 21-22 maggio. Reggio-Calabria, 1899.
- MEM. BOL. — "Memorie dell'Istituto Nazionale Italiano, Classe di fisica e matematica", Bologna, presso i Fratelli Maso e C.
- MEM. UN. — "Memorie e documenti per la storia dell'università di Pavia e degli uomini più illustri che v'insegnarono", Opera divisa in tre parti. (Parte III epistolario). Pavia, Successori Bizzoni, 1878.
- MEM. VER. — "Memorie di matematica e fisica della Società Italiana", Verona, per Dionigi Ramanzini.
- MOCC. — "Elogio del conte Alessandro Volta patrizio comasco", di Francesco Mocchetti Como, presso i Figli di Carlantonio Ostinelli, 1833.
- MONS JOUR. — "Journal de chimie et de physique", di Van Mons. Bruxelles.
- MONT. — "Lettere inedite di Alessandro Volta", date in luce da Giuseppe Ignazio Montanari. Pesaro, dalla tipografia Nobili, 1834.
- PANIZZA. — "Alessandro Volta nella meteorologia pratica", del prof. Dott. Francesco Panizza. In "Voltiana", succitata.
- PHIL. TR. — "Philosophical Transactions", Londra.
- PINTO. — "La mente di Alessandro Volta", Discorso del prof. Luigi Pinto nel R. Liceo Visconti di Roma in occasione della festa letteraria il 17 marzo 1874. Roma, tip. Artero e C., 1874.
- POG. CIM. — "Cencio Poggi. Il salone dei Cimeli", in "Raccolta Voltiana", edita per cura della Società storica Comense e del Comitato esecutivo per le onoranze a Volta. Como, tip. editrice Ostinelli di Bertolini Nani e C., 1899.

- P. SUE. — "Histoire du galvanisme", par P. Sue aîné. Parte I. Paris, 1802.
- RICC. — "Alcune lettere inedite di Alessandro Volta", pubblicate dal prof. Pietro Riccardi. Modena, tipi di Nicola Zanichelli e Soci, 1876.
- ROZ. OBS. — "Observations sur la physique, sur l'histoire naturelle et sur les arts, o più brevemente "Journal de physique", par M. l'Abbé Rozier. Paris.
- SFORZ. LETT. — "Lettere inedite di illustri italiani", pubblicate da Giovanni Sforza in "Rivista Europea", del prof. Angelo Degubernatis. Anno VI, vol. I, fasc. 2, 1 gennaio 1865.
- SOM. N. C. — "Una lettera inedita di Volta", pubblicata dal prof. dott. Carlo Somigliana in "Il Nuovo Cimento, organo della Società Italiana di fisica", Serie IV, T. X, pp. 401-407, dicembre. Pisa, tip. Pieraccini, 1899.
- VILL. OP. — "Opere scelte edite ed inedite e assai rare del P. M. Francesco Villardi M. C.", Padova, editore Giambattista Massaretti, libraio, coi tipi del Seminario, 1838.
- ZAN. V. — "Il poemetto didascalico latino di Alessandro Volta con versione italiana di Zanino Volta", Pavia, Fratelli Fusi, 1899.
- ZAN. V. ARCH. — "Alessandro Volta e l'Università di Pavia dal 1778 al 1799", di Zanino Volta, in "Archivio storico lombardo", Serie III, Fasc. XXIV (31 dicembre 1899), pp. 393-447.
- ZAN. V. CART. — "Carteggio di Alessandro Volta col can. Giovanni Francesco Fromond", edito da Zanino Volta in "Il Rosmini, enciclopedia di scienze e lettere", Vol. I, n. 9, fasc. 1 maggio Milano, Ulrico Hoepli, editore, 1887.
- ZAN. V. ESP. — Articoli sulla famiglia Volta pubblicati dall'avv. cav. Zanino Volta in "Como e l'Esposizione Voltiana. Rivista settimanale illustrata", Como, tip. Cooperativa Comense, 1899.
- ZAN. V. STUD. — "Alessandro Volta a Parigi. Studio cronistorico", dell'avv. Zanino Volta, con documenti inediti e facsimile. Milano, dott. Francesco Vallardi, tip. editore, 1879.
- ZARD. — "Relazione di un viaggio letterario nella Svizzera del prof. Alessandro Volta", edita da Carlo Zardetti in occasione delle nozze Stabilini-Reina. Milano, Società tipografica de' classici italiani (con note dello stesso Zardetti), 1827.
-

I. SCRITTI EDITI DI ALESSANDRO VOLTA (1745-1827).

1. 1764 ? . . . — Poemetto senza titolo in esametri latini con proemio in latino.
 Proemio: *Candido Lectori, — Qui sacrae Poeseos facultatem nimium veri blasphemant...*
 Poemetto: *Improbis humanas adscribere mentibus artes.*
 ZAN. V., 5-55.
2. 1769, 18 aprile — Lettera da Como al p. Gio. Battista Beccaria, scolio, di Mondovì, prof. di matematica all'Università di Torino. " De vi attractiva | ignis electrici, | ac phoenomenis inde pendentibus | Alexandri Voltae | Patricii Novo-Comensis | ad Joannem Baptistam | Beccariam | ex Scholis Piis | in Regia Taurinensi Universitate | Mathematicae Professorem | Dissertatio epistolaris | - Novo-Comi, MDCCLXIX | Typis Octavii Staurengii Impressoris Episcopalis. | Superiorum Facultate. „ — Tratta dei fenomeni dell'elettricità vindice.
Cum primum incidi in egregium opus...
 ANT. COLL., t. I, p. I, 3-60.
3. 1769, . . . — Osservazioni sul fosforo d'orina.
Ho fatto in questi giorni alcune sperienze...
 AM. OP. SC., t. I (1778), 65-68; ANT. COLL., t. III, 321-336.
4. 1770, 3 marzo — Lettera da Como al canonico Angelo Bellani a Monza. — Sulle sperienze col fosforo d'orina e su altre fatte a Como dal canonico Giulio Cesare Gattoni.
Mi scriveste, che lunedì della scorsa settimana...
 MONT., 84-85.
5. 1770, 21 luglio — Lettera da Como a milord Cowper in Firenze. — Sulla bomba di vetro esplodente in fondo a un pozzo.
Altezza, — Mi fo gloria, e dovere di tosto soddisfare...
 MONT., 5-11.
6. 1771, . . . giugno — Memoria diretta da Como all'ab. prof. Lazzaro Spallanzani in Pavia.
 " Novus ac simplicissimus | electricorum tentaminum apparatus: | seu de corporibus eteroelectricis | quae fiunt idioelectrica | experimenta, atque observationes | Alexandri de Volta | Patricii Novo-Comensis. | Novo-Comi, MDCCLXXI. | In Typographia Caprana. Cum facultate. „
 ANT. COLL., t. I, p. I, 63-101.
7. 1771, 7 ottobre — Lettera da Lazzate a Donna Teresa Ciceri in Como. — Sopra un accidente di vettura occorsogli venendo da Milano.
Madama, — Ho promesso a V. S. Ill. di darle mie nuove...
 CERM. PROV. D. DOM., AN. V, n. 213, 22 gennajo 1899.

8. 1773, 18 dicembre — Lettera da Como al prof. Spallanzani a Pavia. — Sulla sperienza da lui eseguita per la riproduzione delle gambe nelle salamandre terrestri come succede nelle acquatiche.

Quanto tempo è mai, che non ho di vostre nuove...

LETT. REGGIO, t. VII, 186-189.

9. 1775, 3 giugno — Lettera da Como al cav. D. Marsiglio Landriani prof. di fisica a Milano. — Sulla elettricità vindice, a proposito della dissertazione mandata al P. Beccaria (v. n.º 2).

Io non so veramente quanto le ultime mie scoperte...

MONT., 86-90.

10. 1775, 10 giugno — Lettera da Como al dott. Giuseppe Priestley a Londra. — Descrive il suo apparato dell'elettroforo perpetuo, e in un'aggiunta gliene spiega la figura e i vantaggi che se ne possono cavare.

... Io non so se tanto promettere mi debba... (estratto). — Aggiunta: Avendo pensato che il nuovo apparecchio...

AM. SC. D'OP., in 16º, t. IX (1775), 91-107, t. X (1775), 87-113 coll'aggiunta; in 4º, t. I (1781), 311-316, e l'aggiunta 343-349; ANT. COLL., t. I, p. I, 107-129.

11. 1775, 13 e 22 giugno — Squarci di due lettere da Como al P. Carlo Giuseppe Campi C. R. S., cremonese. — Sopra una macchina di nuova invenzione ossia *Elettroforo perpetuo*.

Il 1º *Ho scritto ultimamente a Priestley...*; il 2º *Potrà aggiungere a quel tanto...*

AM. SC. D'OP., in 16º, t. VIII (1775), 127-129; in 4º, t. I (1781), 283; ANT. COLL., t. I, p. I, 105-106.

12. 1775, 8 luglio — Lettera da Como al cav. Landriani. — Gli chiede un giudizio sopra le sue idee intorno le atmosfere elettriche e l'elettricità vindice; lo informa del suo nuovo apparecchio che chiamerà *elettroforo perpetuo*; lo invita a pubblicare il di lui istromento per misurare la salubrità dell'aria (*eudiometro*).

Non ho potuto trovare altra copia della mia dissertazione "De vi attractiva..."

MONT., 91-92.

13. 1775, 31 luglio — Lettera da Como al canonico Gio. Francesco Fromond in Milano. — Esecuzione dell'elettroforo e tentativi con diverse composizioni di mastici e vernici.

Solamente oggi ricevo il pacchetto e la lettera di V. S. Ill...

ZAN. V. CART., 597.

14. 1775, 3 agosto — Lettera da Como allo stesso. — Sulle medesime composizioni; gli chiede l'opera di Epino.

Per tener in esercizio il medesimo cavallante, che ci ha serviti...

ZAN. V. CART., 599-600.

15. 1775, 12 agosto — Lettera da Como allo stesso. — Schiarimento dello estinguersi l'elettricità del mastice col passarvi sopra un pezzo di lana.

Non tarderà punto a comparire la mia lettera a Priestley...

ZAN. V. CART., 601-602.

16. 1775, 26 agosto — Lettera da Como al cav. Landriani. — Loda un di lui eudiometro e discorre dei vantaggi che se ne sperano per l'umana salute.

Non sono per anche sbarazzato da alcune occupazioni...

Ricc., 9-18.

17. 1775, 30 agosto — Lettera da Como allo stesso. — Sulla irrespirabilità e insalubrità dell'aria e sugli eudiometri.

Non posso in alcun conto convenire che lo stesso sia "irrespirabilità", e "insalubrità", dell'aria...

ANN. UN., Vol. XV (2° semestre 1832), 34-41.

18. 1775, 26 ottobre — Lettera da Como al canonico Fromond. — Sugli effetti dell'elettroforo.

Aspetto con impazienza le osservazioni vostre...

AM. SC. D'OP., in 16°, t. XII (1775), 94-95; in 4°, t. I (1781), 415; ANT. COLL., t. I, p. I, 130.

19. 1775, 14 novembre — Lettera da Como allo stesso. — Gli comunica il contenuto delle lettere al p. Barletti ed al cav. Landriani sulla costruzione di un elettroforo portatile.

Che vuol dire che non vedo vostre righe? ... (estratto).

ZAN. V. CART., 603-604.

Il cav. avv. D. Zanino Volta omette la parte di questa lettera che si riferisce alla costruzione dell'elettroforo, perchè già edita da altri, come sotto; per cui questo brano col seguente non formano che una lettera sola, a cui va aggiunta la chiusa e la postilla che leggonsi nel citato CARTEGGIO.

... Vi ho detto già come pensava d'or in avanti ... (estratto).

AM. SC. D'OP., in 16°, t. XII (1775), 95-105; in 4°, t. I (1781), 415-418; ANT. COLL., t. I, p. I, 131-136.

20. 1775, 21 dicembre — Lettera da Como allo stesso. — Seguito della lettera precedente.

Rimetto a voi i fogli del Rozier speditimi ... (estratto).

ZAN. V. CART., 605.

Anche qui non son pubblicati che due piccoli brani, il principio e la chiusa, che servono di complemento alla seguente. Si noti l'errore di stampa nell'averla datata coll'anno 1777.

Ho provato a far lo scudo, giusta quanto ... (estratto).

AM. SC. D'OP., in 16°, t. XIV (1776), 84-96; in 4°, t. II (1782), 64-68; ANT. COLL., t. I, p. I, 137-143.

21. 1776, 27 gennaio — Lettera da Como al cav. Landriani. — Intorno a diverse sperienze.

Carissimo amico, — Il mio ritardo a scrivervi procede unicamente ...

MONT., 15-18.

22. 1776, 7 febbraio — Lettera da Como al canonico Fromond. — Su varie cose familiari, specialmente su certe obiezioni e miglioramenti che altri voglion fare al suo elettroforo.

Io sempre resto in credito con voi ...

ZAN. V. CART., 606.

23. 1776, 20 marzo — Lettera da Como allo stesso. — Suo ritardo a scrivere e sua conversazione col p. Campi.

Dacchè mi teneste disperatamente in carcere nell'atrio di Brera ...

ZAN. V. CART., 607-608.

24. 1776, . . . maggio — Lettera da Como (?) a Giuseppe Klinkosch prof. di anatomia nell'Università di Praga, membro della Reale Società delle scienze di Gottinga. — Sulla teoria dell'elettricità vindice e sull'elettroforo perpetuo.

Ho ricevuto alcune settimane sono sotto coperta a me diretta ...

AM. SC. D'OP., in 16°, t. XX (1776), 32-67; in 4°, t. II (1782), 271-281; ANT. COLL., t. I, p. I, 144-163.

25. 1776, . . . maggio — Lettera da Como all'ab. Rozier a Parigi. — Sull'elettroforo perpetuo di sua invenzione.

Je vous ai déjà dit que je chercois à construire l'appareil portatif... (traduit de l'italien par M. l'Abbé M.***).

Roz. OBS., t. VIII (1776 cahier de juillet), 21-24.

26. 1776, 4 agosto — Lettera da Como al cav. Landriani. — Sull'aerologia e pneumatologia. *Sono ben persuaso che vi debbano avere molte cose...*

MONT., 93-96; MAR. SCINT., 89.

Il periodico *La Scintilla* diede questa lettera come inedita, con seguito di disputa fra il prof. D. Alessandro Volta junior e il prof. Tito Martini, se essa sia stata indirizzata all'ab. Felice Fontana di Rovereto, direttore del museo granducale di Firenze e autore di un eudiometro, o piuttosto al p. Campi, o al cavaliere Landriani. Il lodato prof. Volta conchiuse, bene argomentando, essere diretta al cav. Landriani (V. la stessa *Scintilla*, n.º 24, 17 giugno 1894).

27. 1776, 14 novembre — Lettera da Como al p. Campi — Sull'aria infiammabile nativa delle paludi (lettera 1ª).

Quando mi scriveste primamente della sorgente d'aria infiammabile...

A. VOLTA, 9-14; ANT. COLL., t. III, 3-7.

28. 1776, 21 novembre — Lettera da Como al medesimo. — Detto argomento (lettera 2ª).

Prima di passare ad alcune altre particolarità...

A. VOLTA, 15-28; ANT. COLL., t. III, 8-20.

La lettera precedente e questa furono stampate insieme col titolo: "Lettere dell'Ill. Sig. D. Alessandro Volta pub. prof. di fisica sperimentale alle regie scuole di Como sull'aria infiammabile nativa delle paludi al padre Carlo Giuseppe Campi C. R. S.," in Milano da Giuseppe Marelli (1776), in 16º di pp. 1-16.

29. 1776, 26 novembre — Lettera da Como allo stesso. — Medesimo argomento (lettera 3ª).

Prima d'incominciare a parlarvi di ciò perchè ho preso...

A. VOLTA, 29-50; ANT. COLL., t. III, 21-41.

30. 1776, 10 dicembre — Lettera da Como al dott. Priestley. — Sul medesimo argomento.

Io vi mando con questa lettera un piccolo scritto, che ho pubblicato. Tratta esso dell'aria infiammabile...

PRIESTLEY, *Experiments, and observations on different kinds of air*, Vol. III (London, printed for I. Johnson, 1777), The Appendix, n.º V, pp. 381-383, tradotta in inglese.

Quest'opera di Priestley fu tradotta in francese (da M. Gibelin), in italiano e in tedesco. La lettera poi di Volta fu riportata in italiano nel "Giornale dei Letterati", t. XLV, pp. 34-36. In Pisa per Giuseppe Giovanelli, 1782.

31. 1776, 18 dicembre — Lettera da Como al P. Campi. — Segue l'argomento (lettera 4ª).

Se voi siete assai più delle sperienze e de' fatti amico...

A. VOLTA, 51-60; ANT. COLL., t. III, 42-50.

32. 1777, 8 gennaio — Lettera da Como al predetto. — Continua l'argomento (lettera 5ª).

Sembrerà per avventura ad alcuni, che l'Ipotesi...

A. VOLTA, 61-78; ANT. COLL., t. III, 51-66.

33. 1777, 14 gennaio — Lettera da Como al medesimo. — Detto argomento (lettera 6ª).

Voi volete che io seguiti senza preludj a parlarvi...

A. VOLTA, 79-113; ANT. COLL., t. III, 67-98.

34. 1777, 15 gennaio — Lettera da Como allo stesso. — Suddetto argomento (lettera 7ª).

Voi, Amico, mi domandaste giù, tra le altre questioncelle...

A. VOLTA, 114-147; ANT. COLL., t. III, 99-129.

Di queste sette lettere, con tre altre aggiunte poi sul medesimo argomento (sono le tre dirette al marchese Castelli di cui ai n.º 40, 41 e 42) si ha una traduzione francese, fatta da Barbier de Tinan, edita a Strasburgo nel 1778, e due tedesche, l'una del dott. Ziegler edita a Lipsia nel 1777, l'altra di R. Schintz a

Zurigo l'anno appresso. Così P. Riccardi nella sua "Bibliografia delle opere di Volta", al n.º 11. La versione francese è menzionata dal Volta stesso in una nota alla 2ª parte della sua Memoria "sur les isolements imparfaits", (V. n.º 65), edita nel *Journal de Rozier*, t. XXIII, p. 10, nota 1ª, dove dice: "M. Barbier de Tinan... à qui je doit la traduction française des mes lettres sur l'air inflammable". Il Gehler nel "Physikalisches Wörterbuch", (t. II, 364) cita l'edizione di Zurigo sotto il titolo: *Alexander Volta, Briefe über die entzündliche Luft, die aus den Sümpfen entsteht*. Cita pure la traduzione di Köstlin pubblicata a Strasburgo nel 1778, ed una edizione di Winterthur, stesso anno (t. III, 508).

35. 1777, 15 gennaio — Lettera da Como al marchese Francesco Castelli. — Dedicatoria del volumetto che contiene le precedenti sette lettere al P. Campi.

Se negli anni addietro, Illustrissimo sig. Marchese...

A. VOLTA, (3)-(7).

36. 1777, 29 marzo — Lettera da Como al cav. Landriani. — Sulla costruzione della sua pistola flogo-pneumatica, ossia ad aria infiammabile.

Il canonico Veneziani vi dirà perchè tosto...

MONT., 18-20.

37. 1777, 30 marzo — Lettera da Como a S. A. Carlo di Lorena. — Intorno all'elettroforo ed al viaggio che intende fare a Vienna.

Altezza Reale, — L'incontro che presso V. A. R. ha ottenuto...

LETT. VOLT., 8-10.

38. 1777, 2 aprile — Lettera da Como al cav. Landriani. — Si riferisce all'argomento, di cui al n.º 36.

Ho ricevuto già le due vostre, ed oggi ricevo la terza...

MONT., 97.

39. 1777, 15 aprile — Lettera da Como al p. Carlo Barletti, scolopio. — Sul trasmettere la scintilla elettrica a grande distanza mediante fili metallici, onde far scoppiare la pistola elettrica.

Quante belle idee di sperienze sorprendenti mi van ribollendo in testa...
(frammento).

CANTÙ, IT. ILL., III, 588, nota 28.

Con questa lettera Volta si rese divinatorio della telegrafia elettrica; non fu mai, credo, stampata per intero, e il R. Istituto Lombardo ne inviò la fotografia all'Esposizione di Parigi del 1867. Lo stesso Cantù pubblicò detto brano nel *Manuale della provincia di Como*, pp. 180-181, 1868, poi figli di C. A. Ostinelli. Il prof. Govi trattò di tale argomento all'Accademia delle scienze di Torino nell'adunanza 22 marzo 1868.

40. 1777, 17 aprile — Lettera da Como al marchese Castelli. — Sulla costruzione di un moschetto e di una pistola ad aria infiammabile (lettera 1ª).

Nell'operetta che io ultimamente le ho dedicata... (v. n. 35).

AM. SC. D'OP., in 16º, t. XXX (1777), 86-96; in 4º, t. III (1784), 259-264; ANT. COLL., t. III, 133-142.

41. 1777, 8 maggio — Lettera da Como allo stesso. — Prosegue l'argomento suddetto (lettera 2ª).

Spero, gentilissimo sig. Marchese, ch'Ella non vorrà meco...

AM. SC. D'OP., in 16º, t. XXX (1777), 97-109, in 4º, t. III (1784), 265-269; ANT. COLL., t. III, 143-154.

42. 1777, 15 maggio — Lettera da Como al medesimo. — Stesso argomento (lettera 3ª).

Or veniamo ad esperienze più singolari...

AM. SC. D'OP., in 16º, t. XXXI (1777), 3-24; in 4º, t. III (1784), 271-280; ANT. COLL., t. III, 155-174.

Di queste tre lettere al march. Castelli esiste anche una edizione fatta in Milano nel 1776 da Giuseppe Marelli, in 16º, di pp. 3-48.

43. **1777, 21 maggio** — Lettera da Como al cav. Landriani. — Sperienze sul flogisticamento dell'aria.
La decomposizione dell'aria infiammabile nell'ardere...
Ricc., 19-24.
44. **1777, 15 luglio** — Lettera da Como allo stesso. — Sperienze sulla decomposizione dell'aria infiammabile.
Ho avuto lettera da Priestley, al quale ha fatto gran sorpresa...
MONT., 20-23.
45. **1777, 27 luglio** — Lettera da Como allo stesso. — Gli accenna il suo prossimo viaggio negli Svizzeri, e gli parla dell'acido nitroso come vero e genuino ingrediente dell'aria deflogisticata.
Il giro che voglio fare negli Svizzeri è fissato...
MONT., 98-100.
46. **1777, 2 settembre** — Lettera da Como al dott. Giuseppe Priestley a Londra. — Sopra un nuovo eudiometro.
Ho finalmente ricevuto il terzo volume sopra le diverse sorte d'aria...
AM. SC. D'OP., in 16°, t. XXXIV (1777), 65-83, in 4°, t. III (1784), 432-439; ANT. COLL., t. III, 177-193.
47. **1777, 18 novembre** — Lettera da Como al cav. Landriani. — Intorno al suo viaggio nella Svizzera, alle sue sperienze barometriche e a vari eudiometri.
Io aveva fatti dei bei propositi, e delle belle promesse...
ANT. ITAL., Vol. XXXIV (ottobre-dicembre 1832), 183-186 (pubblicata dal canonico Bellani); MONT., 157-160.
48. **1778, 18 marzo** — Lettera da Como allo stesso. — Sulla produzione dell'aria deflogisticata.
Solamente oggi ricevo la vostra del 4 corrente...
MONT., 23-28.
49. **1778, 1 aprile** — Lettera da Como allo stesso. — Intorno a una provvista di macchine costruite in Milano da Marco Saruggia.
Caro Don Marsiglio, aspettate sol pochi giorni e vi manderò...
MONT., 28-30.
50. **1778, 3 maggio** — Lettera da Como allo stesso. — Chiede dell'elettroforo ad aria infiammabile ordinato da costruire al Saruggia; gli parla della sua Memoria diretta a Sénéquier sopra l'accensione nel chiuso dell'aria infiammabile mista all'aria deflogisticata, e gli accenna alcune scoperte dell'ab. Gregorio Fontana, prof. di matematica superiore nella Università di Pavia.
Aspetto con impazienza le varie cose che dee mandarmi il Saruggia...
MONT., 100-103.
51. **1778, 25 giugno** — Lettera da Pavia allo stesso. — Sulla provvista di stromenti fisici per il suo gabinetto.
Il primo di luglio spero di trovarmi in Milano...
MONT., 45.
52. **1778, 13 luglio** — Lettera da Como allo stesso. — Sull'analisi di diverse arie infiammabili e sull'eudiometro.
È un pezzo, che non ci scriviamo. Avete nulla...
MONT., 31-33.

53. 1778, 28 luglio — Lettera da Como al predetto. — Lamentasi per una certa diffidenza del Saruggia.
Ho scritto quelle righe a Saruggia, in cui mi lamento di lui...
 MONT., 33-34.
54. 1778, 20 agosto — Lettera da Como ad Orazio Benedetto de Saussure a Ginevra. — Osservazioni sulla capacità dei conduttori elettrici e sulla commozione che anche un semplice conduttore è atto a dare eguale a quella della boccia di Leiden.
Da molto tempo io mi era proposto di lavorare...
 AM. OP. SC., t. I (1778), 273-280, 289-312; Roz. OBS., t. XIII (1779 cahier d'avril), 249-277 (tradotta in francese); ANT. COLL., t. I, p. I, 167-218.
55. 1778, . . . settembre — Première lettre à M. Priestley. — Sur l'inflammation de l'air inflammable mêlé à l'air commune dans des vaisseaux fermés, et sur les phénomènes que présentent sa décomposition et la diminution qu'il produit dans l'air respirable, avec lequel on le mêle.
Voici, Monsieur, un nouvel Ouvrage, ou plutôt une continuation de mes "Lettres sur l'air inflammable..."
 Roz. OBS., t. XII (1778 cahier de novembre), 365-373.
56. 1778, 11 ottobre — Lettera da Como al cav. Landriani. — Giustifica l'appellativo di *perpetuo* dato al suo elettroforo.
Ritornato da un giro lungo che ho fatto in Valtellina...
 RICC., 25-29.
57. 1778, 14 dicembre — Lettera da Pavia al Conte di Firmian. — Gli espone il suo metodo d'insegnamento della fisica sperimentale nella Università.
Eccellenza, — Rendo le più umili e devote grazie a V. E. per avermi benignamente accordato...
 ZAN. V. ARCH., 398-400.
58. 1779, 16 gennaio — Lettera da Pavia al cav. Landriani. — Sulla provvista di alcune macchine elettriche.
Non ho risposto prima d'ora all'ultima vostra carissima...
 MONT., 34-35.
59. 1779, . . . febbraio o marzo — Seconde lettre à M. Priestley. — Sur l'inflammation de l'air inflammable, etc.
Si vous avez reçu la lettre que j'ai eu l'honneur de vous écrire... (v. n.º 55).
 Roz. OBS., t. XIII (1779 cahier d'avril), 278-303.
60. 1779, 15 ottobre — Lettera da Como al Conte di Firmian. — Relazione di un suo viaggio letterario nella Svizzera.
Sono due anni che, per genio non meno che per insinuazione...
 ZARD., 1-43.
61. 1780, 4 settembre — Lettera da Pavia alla sig. N. N. (probabilmente D. Teresa Cicceri di Como). — Le parla di recenti temporali e di escrescenza di fiumi, che ritardano il suo partire per Firenze.
Ho dovuto trattenermi a Milano fino a ieri l'altro...
 MAFFI, 9-11.

62. 1780, 22 settembre — Lettera da Firenze al Conte di Firmian. — Intorno al suo viaggio in Toscana.

Eccellenza, — Stimo di far cosa grata a V. E. dandole parte del mio arrivo in Firenze...

CANTÙ, VIAGGIO, 330-332.

63. 1780, 25 ottobre — Lettera da Como allo stesso. — Medesimo argomento.

Eccellenza, — (Omissis.) Intesi dall'Ab. segretario Bovara, che V. E. si è designata far risposta alla mia scrittale da Firenze...

CANTÙ, VIAGGIO, 332-334.

64. 1780, 22 dicembre — Lettera da Pavia al cav. Landriani. — Intorno al piano semicoibente.

Per mezzo dell'ab. Villa vi mando il piano semicoibente...

MONT., 36-38.

65. 1780, . . . — Mémoire sur les grands avantages d'une espèce d'isolement très imparfait; traduit de l'Italien par M.*** -- Sur la capacité des conducteurs conjugués. Première Mémoire. Dans lequel on démontre les avantages très-considérables d'une sorte d'isolement si imparfait, qu'on peut à peine lui donner ce nom, sur l'isolement le plus parfait.

Introduction. — N.º I.º Dans une lettre à M. de Saussure, insérée dans les "Opuscules choisies, part. IV et V..."; finisce col n.º IV.

È la lettera 20 agosto 1778, di cui al n.º 54.

Problèmes ou paradoxes électriques, da V a XIV.

Première Partie. Expériences tendantes à faire voir qu'un conducteur acquiert la vertu de conserver beaucoup mieux l'électricité qu'on lui donne, au moyen d'une certaine communication, qui, si elle ne détruit pas tout isolement, le rend au moins très-imparfait, da XV a LX.

Roz. OBS., t. XXII (1783 cahier de Mai), 325-350.

Seconde Partie, sur les isolements imparfaits. — Expériences qui démontrent un autre avantage très-considérable attaché à la même espèce d'isolement imparfait, consistant en ce qu'il rend un conducteur propre à recevoir l'électricité plus aisément, et une dose beaucoup plus grande que s'il étoit parfaitement isolé, da LXI a LXXXVI.

Roz. OBS., t. XXIII (1783 cahier de Juillet), 3-16.

Suite du Mémoire, sur les conducteurs électriques, da LXXXVI (sic) a CIV.

Ibid. Cahier de Aoust, 81-95.

Addition. — Il y a plus de deux ans au moins que j'avois fait la plus grande partie de ce Mémoire, dont j'eus occasion peu de temps après de donner communication à Mylord Prince de Kowpen, qui le fit passer ensuite à la Société Royale de Londres, ou il a été lu avant Pâques de la présente année 1782...

IBID., 95-99.

66. 1781, 20 marzo — Lettera da Pavia al canonico D. Giovanni Serafino Volta a Mantova. — Sulle ultime osservazioni da esso fatte nel viaggio a Firenze e soprattutto sopra il terreno ardente di Pietramala.

La mia condiscendenza alle vostre domande...

ANT. ROM., t. VII (1781), 366-367; MONT., 146-149.

67. 1781, 26 marzo — Lettera da Pavia ad Anton Maria Lorgna prof. di matematica nel collegio militare di Verona. — Sull'invito fattogli a scrivere per le *Memorie di una privata società italiana di scienze ed arti*; accenna ad alcune sue scoperte.

Non posso che applaudire al bel progetto...

BIAD. A. VOLTA, 11-12.

68. 1781, ... aprile — Lettera da Pavia al conte di Firmian. — Lo informa della nuova macchina di Atwood.

Credo non sarà discaro a V. E. ch'io le faccia conoscere... (estratto).

ZAN. V. ARCH., 405.

Il ch. D. Zanino Volta non dà la data di questa lettera.

69. 1782, 15 gennaio — Lettera da Parigi al fratello arcidiacono Luigi a Como. — L'informa della sua vita a Parigi, del viaggio della marchesa Leonora Villani col colonnello barone Luigi Colli, e di altre cose.

Finalmente ho ricevuto lettere di casa...

MONT., 149-152.

70. 1782, 9 febbraio — Lettera da Parigi allo stesso. — L'avvisa dell'arrivo a Parigi della march. Villani col col. Colli, e gli dà altre notizie.

Ieri finalmente verso sera è arrivata la signora marchesa...

MONT., 106-107.

71. 1782, 14 marzo — Memoria divisa in due parti: Parte I, Del condensatore, ossia del modo di render sensibilissima la più debole elettricità sia naturale, sia artificiale (dal n.º I al XXIX). Parte II, In qual maniera un conduttore accostandosi a un altro sotto certe condizioni acquisti una straordinaria capacità di ricevere e contenere l'elettricità (dal n.º XXX a LII). Appendice. — Comunicata alla Società Reale di Londra da George Earl Copwer.

Varianti grafiche di questo nome: *Cooper, Copwer, Kowpen, Cowper.*

I. Un apparecchio, che portando a uno straordinario ingrandimento i segni elettrici...

PHIL. TR., vol. LXXII (1782), p. I, 237-280 nell'originale italiano; la versione inglese di Tiberio Cavallo è nello stesso vol. p. I Appendix, VII-XXXIII; AM. OP. SC., t. VII (1784), 128-144, 145-162; ANT. COLL., t. I, p. I, 221-248, 249-277.

Il prof. Riccardi (Bibliografia, p. 183, n.º 19) fa una cosa sola di questa Memoria coll'altra sopradistinta al n.º 65, ed osserva che le modificazioni ed aggiunte introdotte nella edizione francese sono di tanta importanza, che oltre il testo italiano anche quello francese non potrebbesi omettere in un supplemento alla Collezione delle opere fatta dall'Antinori. Effettivamente però queste Memorie sono due lavori diversi e di diversa epoca.

72. 1782, 24 marzo — Lettera da Parigi al fratello arcid. Luigi a Como. — L'informa delle sue occupazioni a Parigi e di essere stato nominato socio della Società letteraria del vecchio museo, a cui leggerà la Memoria sui fuochi di Pietramala.

Le occupazioni mie son molte veramente...

MOCCH., 31-32; MONT., 109-110.

73. 1782, 1 aprile — Lettera da Parigi allo stesso. — Gli dice che a Parigi si occupa non di divertimenti, ma della conversazione coi dotti.

Lo sapete dunque, e già ve l'ho scritto...

MOCCH., 33; MONT., 111-112.

74. 1782, ... **aprile** — Memoria letta alla Società letteraria del museo di Parigi. — Sopra i fuochi dei terreni e delle fontane ardenti in generale, e sopra quelli di Pietramala in particolare.

Quando nel 1776 ebbi scoperto che da tutti i fondi d'acqua stagnante...

MEM. VER., t. II, p. II (1784), 662-675; AM. OP. SC., t. VII (1784), 321-333; ANT. COLL., t. III, 271-290.

Questa Memoria fu dall'autore scritta in francese e da esso recitata in una pubblica adunanza del Museo, di cui era presidente M. Court de Gibelin autore dell'opera: *Le monde primitif*.

75. 1782, 7 **maggio** — Lettera da Londra al Conte di Firmian. — Sui segni elettrici che si possono avere mediante la semplice evaporazione dell'acqua.

Negli ultimi giorni che dimorai in Parigi...

MAGR. NOT., 255, col. 1.

76. 1782, 31 **maggio** — Lettera da Londra al fratello arcid. Luigi. — Sul viaggio che farà per l'Inghilterra, del soggiorno di Londra e dell'aspetto di questa città.

Penso di fare un giro a Oxford, Birmingham e Manchester... (estratto).

MOCC., 57-59; MONT., 132-134.

77. 1782, 26 **giugno** — Lettera da Londra allo stesso. — Del viaggio fatto in Inghilterra e delle bellezze vedute.

Vi prendete voi mai diletto di riscontrare il mio viaggio... (estratto).

MOCC., 59-64; MONT., 135-139.

78. 1782, 16 **luglio** — Lettera da Londra allo stesso. — Gli spiega la ragione del suo prolungato soggiorno in Londra.

Da più di tre settimane sono senza lettere di casa...

MONT., 107-109.

79. 1782, 28 **ottobre** — Lettera da Milano allo stesso. — Per la gravissima malattia di sua madre.

Sono arrivato solamente ieri l'altro a Milano...

ZAN. V. ESP., 16 settembre 1899, n.° 18, 139.

80. 1783, 23 **gennaio** — Lettera da Pavia al conte di Firmian. — Lo ragguaglia delle macchine di fisica provenienti da Londra e prese dagli Spagnuoli colla nave che le portava.

Devo ragguagliare V. E. qualmente la nave Donna Bianca, sebbene con bandiera e capitano svedese, è stata presa da Spagnuoli e condotta a Ceuta...

LETT. DI QUARANTA, 323-325.

81. 1783, 15 **marzo** — Lettera da Pavia al prof. Lorgna a Verona. — Intorno alla sua Memoria sul condensatore; accenna alla nave caduta in mano degli Spagnuoli.

Rendo distinte grazie a V. S. Illma per il cortese invito...

BIAD. A. VOLTA, 13-14.

82. 1783, 11 **novembre** — Lettera da Pavia al cav. Landriani. — Sopra un volo aereo fatto da Pilâtre in un pallone di Montgolfier.

Vi trasmetto una lettera che ho trovato ieri sera qui a Pavia...

RICC., 31-32.

83. 1783, 11 **dicembre** — Lettera da Pavia allo stesso. — Gli chiede contezza dettagliata delle sperienze di Lavoisier sulla conversione delle arie in acque.

Ho veduto quello che avete scritto all'ab. Amoretti...

RICC., 33-37.

84. **1783, 16 dicembre** — Lettera da Pavia allo stesso. — Ringrazia delle notizie sulle sperienze di Lavoisier, e lo prega di raccomandare alla Società patriottica di Milano donna Teresa Ciceri, onde le accordi un premio decoroso per la sua tela e filacce di lupini.
Vi ringrazio delle notizie intorno alle sperienze...
MONT., 38-39.
85. **1784, 14 gennaio** — Lettera da Pavia al cav. Lorgna a Verona. — L'avvisa che sta preparando le " Osservazioni sopra i fuochi dei terreni e delle fontane ardenti ecc. ", da pubblicarsi nelle " Memorie ", della Società di Verona.
Non ho risposto prima alla cortesissima sua...
BIAD. A. VOLTA, 15-16.
86. **1784, 29 luglio** — Lettera da Vienna al fratello arcid. Luigi. — L'informa dell'accoglienza fattagli dall'imperatore Giuseppe II.
Ier l'altro io ed il mio compagno abbiamo avuto... (estratto).
MOCC., 64-65; MONT., 139-140.
87. **1784, 5 agosto** — Lettera da Vienna allo stesso. — Sulle accoglienze avute in quella città, quali le sue occupazioni e divertimenti.
... Io continuo a star bene, quantunque il caldo... (estratto).
MOCC., 66-68; MONT., 140-142.
88. **1784, 21 settembre** — Lettera da Berlino al conte di Wilzeck. — Dettagliato ragguaglio del suo viaggio scientifico in Germania in compagnia del prof. Scarpa.
Eccellenza, — Il prof. Scarpa ha già dato a V. E. le nuove...
MEM. UN., P. III, 416-421.
89. **1784, 14 ottobre** — Lettera da Annover, con poscritto da Gottinga il 18, al fratello arcid. Luigi. — Accoglienze avute a Berlino, quale viaggio gli resti a fare, confronto fra Londra e Parigi, fra Vienna e Berlino.
Or dunque proseguendo il racconto del nostro viaggio... (estratto).
MOCC., 68-71; MONT., 143-146.
90. **1784, (estate)** — Appendice alla Memoria dell'aprile 1782 sui fuochi di Pietramala (V. n. 74). — Vi si parla particolarmente dei terreni ardenti di Velleia.
Ho avuto occasione in un giro da me fatto lo scorso maggio...
In compagnia del march. Pompeo Cusani, cavaliere nella sua fresca età ricco di cognizioni d'ogni genere; dell'ab. D. Carlo Amoretti, segretario della Società patriottica di Milano; e del can. D. Gio. Serafino Volta, custode del museo di storia naturale della i. r. università di Pavia.
MEM. VER., t. II, p. II (1784), 900-907; AM. OP. SC., t. VII (1784), 398-410; ANT. COLL., t. III, 291-310. •
91. **1784, 10 dicembre** — Lettera da Pavia al cav. Lorgna a Verona. — Accenna al suo passaggio da Verona; gli parla dell'aggiunta alla Memoria sui fuochi ardenti.
Anche quest'anno la fatalità ha voluto...
BIAD. A. VOLTA, 17-18.
92. **1785, 15 gennaio** — Lettera da Pavia al conte di Wilzeck. — Sulla necessità di migliorare le condizioni della università a profitto della scuola di fisica.
Il foglio veneratissimo di V. E. degl'8 corrente mi partecipa...
ZAN. V. ARCH., 420-424.

93. 1785, 16 aprile — Lettera da Pavia al cav. Landriani. — Intorno alle di lui sperienze sull'aria e sul calore, e alle opere di Bartelli (*recte* Barletti).
Mi rallegro con voi del successo delle sperienze...
 MONT., 39-40.
94. 1785, 19 agosto — Lettera da Como al conte di Firmian. — L'informa di una macchina di fisica eseguita a Brunswick.
Mi è giunta poche settimane sono in Como la nuova unica macchina...
 MAGG. NOT., 257, col. 2.
95. 1786, 20 marzo — Lettera da Pavia al cav. Landriani. — Sul metodo per determinare nei diversi corpi fluidi e solidi la conducibilità del calore.
Ho preparati Marat, Hebert e Arteaga per mandarveli...
 MONT., 41-44.
96. 1786, 27 aprile — Lettera da Pavia al cav. Michele Araldi a Bologna. — Gli dà notizia del piano di studi universitari.
Son molto grato al sig. dott. Francesco Carcano...
 RICC., 39-40.
97. 1786, 30 luglio — Lettera da Como allo stesso. — Ritorna sul detto argomento.
Ho ricevuta la gentilissima di V. S. Ill. a Como...
 RICC., 41-43.
98. 1786, 15 dicembre — Lettera da Pavia al conte Giambattista Giovio a Como. — Sopra una certa malattia d'infezione dominante nelle bestie.
Non mancai di consegnare appena giunto a Pavia...
 MAFFI, 11-12.
99. 1787, ... luglio — Lettera da Como a G. C. Lichtenberg prof. di fisica nella università di Gottinga. — Sulla meteorologia elettrica. Lettera I. Sugli elettrometri, modo di renderli comparabili e di applicare il condensatore all'elettrometro.
Dopo aver fatta la vostra conoscenza nella maniera...
 BR. BIBL., t. I (1788), 73-137; ANT. COLL., t. I, p. II, 5-63.
100. 1787, ... luglio — Lettera da Como allo stesso. — Continua l'argomento. Lettera II. Sulla funzione della distanza ne' fenomeni elettrici e sull'elettrometro atmosferico e suo perfezionamento.
Mi lusingo, mio caro Signore, che siate rimasto...
 BR. BIBL., t. II (1788), 103-142; ANT. COLL., t. I, p. II, 64-103.
101. 1787, ... luglio — Lettera da Como al predetto. — Segue l'argomento. Lettera III. Dell'uso dell'elettrometro e del condensatore nelle osservazioni atmosferiche e d'altri consimili stromenti, nonchè degli inganni che ponno nascere nelle elettrometeorologiche osservazioni.
Non crediate, mio Signore, ch'io abbia...
 BR. BIBL., t. III (1788), 79-122; ANT. COLL., t. I, p. II, 104-144.
102. 1787, ... agosto — Lettera da Como al medesimo. — Detto argomento. Lettera IV. Sull'applicazione della fiammella alla punta dell'elettrometro atmosferico, sulle cause produttrici le variazioni nello stato elettrico dell'atmosfera, e sul confronto tra la

forza assorbente e dissipatrice delle punte metalliche in confronto di quella della fiamma.

Il fenomeno della fiamma che riceve e tramanda...

BR. BIBL., t. V (1788), 79-134; ANT. COLL., t. I, p. II, 145-198.

103. 1787, ... **agosto** -- Lettera da Como allo stesso. — Seguita l'argomento. Lettera V. Se la fiamma può ben anche dissipare i nembi temporaleschi, come si è supposto che lo facciano le punte.

Fin qui, mio Signore, esaltando il gran potere...

BR. BIBL., t. VI (1788), 137-147; ANT. COLL., t. I, p. II, 199-209.

104. 1787, ... **agosto** — Lettera da Como al suddetto. — Stesso argomento. Lettera VI. Sul modo di eccitare l'elettricità coll'evaporazione, combustione, ecc., e quindi sulla principale origine dell'elettricità atmosferica.

Eccomi, o mio Signore, a soddisfare...

BR. BIBL., t. VII (1789), 81-111; ANT. COLL., t. I, p. II, 210-237.

Queste sei lettere, dice Brugnatelli, furono da Volta scritte in francese; poi, tradotte in tedesco da Lichtenberg, dovevano essere pubblicate in un giornale tedesco. Il sig. prof. Riccardi (Bibliogr. Voltiana, p. 184, n.º 23) asserisce di aver trovata annotazione che sette delle lettere al Lichtenberg furono pubblicate in lingua tedesca colla data: Leipzig, 1799, in 8º; ma io trovo nel dizionario di fisica del Gehler (t. V. supplemento) citata in più luoghi una edizione di Lipsia fatta nel 1793 in due volumi con osservazioni dell'editore.

105. 1787, 7 **settembre** — Lettera da Sion al fratello arcid. Luigi. — Gli dà conto del viaggio in partenza da Como il 3 settembre.

Eccomi passata la montagna, e già arrivato...

MONT., 103-106; CERM. VOLTA ALP., 13-15.

106. 1787, ... **ottobre** — Lettera da Como al prof. Lichtenberg. — Sulla meteorologia elettrica. Lettera VII. Sull'elettricità eccitata dagli spruzzi d'acqua delle fontane, e perchè essa sia negativa.

Un viaggio nel Vallese e al lago di Ginevra...

BR. BIBL., t. IX (1789), 129-148; ANT. COLL., t. I, p. II, 238-254.

107. 1787, (**autunno**) — Omaggio al sig. di Sossure (*sic*) per la sua salita alla cima del Monte Bianco e le sperienze ivi fatte ne' primi d'agosto del 1787. — Traduzione libera dal francese (Poemetto in terza-rima).

Alfin su quella inaccessibil vetta...

CERM. VOLTA ALP., 67-72.

108. 1788, 20 **agosto** — Lettera da Como al prof. Luigi Brugnatelli a Pavia. — Sulla variabilità dell'ago calamitato osservata da Saussure a grande altezza, e riflessioni sul magnetismo e sulla proprietà della polvere di carbone scoperta da Lowitz di togliere sull'istante alla carne più fracida l'odore putrido e di far sentire prontamente l'odore dell'alcali volatile il più puro.

... Non ho, come già le scrissi, novità letterarie... (estratto).

BR. BIBL., t. IV (1788), 133-135; ANT. COLL., t. III, 385-387.

109. 1789, 20 **luglio** — Lettera da Como al cav. Lorgna a Verona. — Sull'invio di qualche memoria per gli Atti della Società italiana.

Partito da Pavia a' primi di luglio e trattenutomi a Milano...

BIAD. A. VOLTA, 19-20.

110. **1789**, ... — Lettera da Como al prof. Lichtenberg. — Sulla meteorologia elettrica. Addizione alla lettera VII. Dell'elettricità prodotta colla raschiatura d'alcuni corpi. *Diverse sperienze da me fatte...*
BR. BIBL., t. X (1789), 39-69; ANT. COLL., t. I, p. II, 255-283.
111. **1789**, ... — Lettera da Como allo stesso. — Detto argomento. Lettera VIII. Sull'elettricità negativa delle piogge e delle nubi temporalesche a differenza di quella delle nebbie, della neve, ecc. *L'elettricità quasi sempre negativa delle piogge...*
BR. BIBL., t. XI (1789), 33-53; ANT. COLL., t. I, p. II, 284-303.
112. **1790 (?)** ... — Lettera da Como al suddetto. — Stesso argomento. Lettera IX. Primi passi per spiegare il fenomeno meteorologico della grandine. *L'impegno che mi sono assunto terminando...*
BR. BIBL., t. XIV (1790), 61-112; ANT. COLL., t. I, p. II, 304-352.
113. **1790, 13 maggio** — Lettera da Pavia al cav. Lorgna a Verona. — Si giustifica del ritardo a mandargli qualche memoria per gli Atti, e gli accenna alcune sperienze idrometriche. *Quando V. S. Illma mi eccitò molti mesi sono a mandarle...*
BIAD. A. VOLTA, 21-23.
114. **1790, 20 dicembre** — Lettera da Pavia al cav. Giuseppe Gioeni nobile di Catania. — Sul di costui Saggio e catalogo ragionato di litologia vesuviana stampati in Napoli nel 1790, copia del quale donò ad esso Volta l'autore. *Il discorso preliminare è veramente luminoso...*
GIOR. ACC. GIOE., t. I, 253-255; MONT., 112-113.
115. **1790 (?)**, ... — Lettera da Pavia allo stesso. — Sulla specie di porfido vetroso scoperto dal P. Ermenegildo Pini. *È nata qui fra noi una piccola disputa...*
GIOR. ACC. GIOE., t. I, 258-259; MONT., 113-114.
Questa lettera e la precedente furono pubblicate dal prof. Carmelo Maravigna nella sua biografia del cav. Giuseppe Gioeni inserita nel detto Giornale dell'Accademia Gioenia.
116. **1790**, ... — Della maniera di far servire l'elettrometro atmosferico portatile all'uso di un igrometro sensibilissimo. Memoria, in cui si rischiarano molte cose intorno al trascorrimento del fluido elettrico ne' conduttori imperfetti. *Non v'è alcuno, il quale si sia qualche poco familiarizzato...*
MEM. VER., t. V (1790), 551-580; ANT. COLL., t. I, p. II, 441-485.
117. **1790**, ... — Descrizione dell'eudiometro ad aria infiammabile, il qual serve inoltre di apparato universale per l'accensione al chiuso delle arie infiammabili d'ogni sorta mescolata in diverse proporzioni con aria respirabile più o meno pura; e per l'analisi di quelle e di questa. Memoria divisa in due parti. *Quando primamente scopersi, che l'aria infiammabile...*
BR. ANN., t. I (1790), 171-231, t. II (1791), 161-286 (recte 186), t. III (1791), 36-45; ANT. COLL., t. III, 197-268.
118. **1791, 23 agosto** — Prospetto di un compito osservatorio meteorologico, rassegnato al R. D. Magistrato P. C. *Quanto agli strumenti, esistendo già i principali nel gabinetto...* (brani).
MAGR. OSS., 242-246.

119. 1791, ... settembre (?) — Lettera da Como al dott. Pietro Antonio Bondioli a Padova. — A proposito della di costui memoria sopra l'aurora boreale.

Ricevetti l'obbligantissima lettera di V. S. Ill. con vari esemplari...

BR. GIOR., t. I (1792), 66-79; ANT. COLL., t. I, p. II, 425-437.

Questa lettera può dirsi la decima sulla meteorologia elettrica.

120. 1791, 12 novembre — Lettera da Pavia all'ab. Barnaba Oriani prof. d'astronomia a Brera. — Raccomanda alle di lui attenzioni il conte e la contessa di Stolberg colla loro compagnia.

Ill. Signore, — Profittando della conosciuta bontà...

LETT. D'ILL. IT., 542.

Gli editori in una nota danno notizia chi fosse Cristiano Federico conte di Stolberg. Questa lettera di Volta fu stampata di nuovo come inedita nei due giornali quotidiani di Como: *L'Ordine* del 2 agosto 1899, n.º 175, e *La Provincia di Como* del 3 agosto 1899, n.º 2641.

121. 1792, 3 aprile — Lettera al dott. Giuseppe Baronio altro de' medici assistenti all'Ospitale Maggiore di Milano. — Sopra l'elettricità animale: transunto delle sperienze fatte in seguito alle scoperte di Galvani.

Volete dunque su due piedi un transunto delle sperienze...

BR. GIOR., t. II (1792), 122-130; ANT. COLL., t. II, p. I, 3-10.

122. 1792, 5 maggio — Memoria prima sull'elettricità animale. Discorso recitato nell'aula dell'università di Pavia. — Parlasi, nella I parte, della scoperta di Galvani e del confronto di essa colle cognizioni che fino allora si avevano intorno all'elettricità animale; nella II, delle nuove sperienze intraprese da esso Volta in Pavia.

La dissertazione ha pochi mesi pubblicata dal dott. Galvani...

BR. GIOR., t. II (1792), 146-187; ANT. COLL., t. II, p. I, 13-52.

123. 1792, 14 maggio — Memoria seconda sull'elettricità animale.

Essendomi nell'antecedente discorso ristretto...

BR. GIOR., t. II (1792), 241-270, t. III (1792), 35-73; ANT. COLL., t. II, p. I, 55-118.

Di queste due memorie il Gehler (supplemento citato, p. 272) nota una edizione tedesca di Praga, 1793, col titolo: *Schriften über die thierische Elektrizität von Alex. Volta, aus dem italienischen übersetzt herausgegeben von D. Joh. Mayer.*

124. 1792, 13 settembre — Lettera da Como a Tiberio Cavallo a Londra. — Esame delle scoperte fatte da Galvani con sperienze e osservazioni. Lettera I.

Le sujet des découvertes, et des recherches, dont je vous entretiens...

PHIL. TR., p. I (1793), 10-26, col titolo: "Account of some discoveries made by Mr. Galvani, of Bologna; wit experiments and observations on them. In two letters"; ANT. COLL., t. II, p. I, 121-140.

125. 1792, 25 ottobre — Lettera da Como allo stesso. — Continua l'argomento. Lettera II.

Au reste on comprend bien...

PHIL. TR., p. I (1793), 27-44; ANT. COLL., t. II, p. I, 141-160.

Queste due lettere, tradotte in tedesco, furono pubblicate anche nel Giornale di fisica del prof. Gren di Halle, t. VIII, 303 e segg.

126. 1792, ... novembre — Nuove osservazioni sull'elettricità animale.

Non avendo tutta in pronto la terza memoria...

BR. GIOR., t. V (recte IV bis) (novembre 1792), 192-196; AM. OP. SC., t. XV (1792), 425-427; ANT. COLL., t. II, p. I, 163-166.

127. **1792, 24 novembre** — Lettera al prof. Giovanni Aldini a Bologna. — Memoria terza sull'elettricità animale.

Ricevei due settimane sono...

BR. GIOR., t. I (Anno VI, 1793), 63-81; ANT. COLL., t. II, p. I, 177-194.

128. **1792, ... dicembre (?)** — Observationum circa electricitatem animalem specimen. — Contiene i primi tentativi intorno ai fenomeni galvanici.

Ineunte vere hujus jam prope labentis anni...

COMM. LIPS., vol. 34, p. 2* (1792), 685-688; P. SUE, p. I, 238-244, tradotto in francese; ANT. COLL., t. II, p. I, 169-173.

129. **1793, ...** — Della uniforme dilatazione dell'aria per ogni grado di calore, cominciando sotto la temperatura del ghiaccio fin sopra quella dell'ebollizione dell'acqua; e di ciò che sovente fa parer non equabile tal dilatazione, entrando ad accrescer a dismisura il volume dell'aria. Memoria.

Sono ormai presso a due secoli, che il termometro d'aria...

BR. ANN., t. IV (1793), 227-294; ANT. COLL., 329-378.

130. **1793, 4 giugno** — Discorso sugli stromenti meteorologici e maniera di fare con essi le osservazioni giornaliere, recitato nella r. università di Pavia.

Più d'una volta, magnifico rettore, professori sapientissimi, illustri candidati...

PANIZZA, 39-48.

131. **1793, ... dicembre** — Nuova memoria sull'elettricità animale in alcune lettere al sig. ab. Anton Maria Vassalli. Lettera I.

Che pensa Ella della pretesa elettricità animale?...

BR. ANN., t. V (1794), 132-144; BR. GIOR., t. II (Anno VII, quaderno del giugno 1794), 248-258; ANT. COLL., t. II, p. I, 197-206.

132. **1794, ...** — Id. Lettera II.

Ho terminata la precedente lettera con dire...

BR. ANN., t. VI (1794), 142-166; BR. GIOR., t. III (Anno VII, quaderno d'agosto 1794), 97-121; ANT. COLL., t. II, p. I, 207-229.

133. **1794, 15 maggio** — Sugli stromenti meteorologici, sulla maniera di fare regolarmente le osservazioni e formarne un compito giornale. — Discorso recitato nell'aula della università di Pavia per la promozione di due ingegneri ed un agrimensore.

Dopo avere nei precedenti anni (magnifico rettore, dottissimi professori, egregi candidati, uditori umanissimi, ornatissimi)...

MAGR. NOT., 246-253.

134. **1794, 5 giugno** — Lettera da Pavia al prof. Francesco Mocchetti a Vienna. — Intorno alla memoria del dott. Pfaff sulle piriti e miniere, di cui dà una lunga nota e rivendica a sè la scoperta della loro virtù conduttrice.

Grandissimo piacere m'ha recato la lettera...

MOCC., 34-47; MONT., 115-127.

135. **1794, 9 settembre** — Lettera da Como all'amico e parente prof. dott. Giacomo Rezia a Bellagio. — L'informa del suo prossimo matrimonio colla nob. donna Teresa Pellegrini.

L'amicizia che a voi mi stringe, più ancora che la parentela...

MEM. UN., p. III, 422-423.

136. 1795, 13 aprile — Lettera da Pavia ad Orazio Delfico. — Sull'elettricità animale.
*Comincio dal fare scusa a V. E. del tanto ritardo a rispondere a due sue
 complitissime...*
 DELF. RIV., 49-56.
137. 1795, 24 ottobre — Nuova memoria sull'elettricità animale. Lettera III da Como al-
 l'ab. Vassalli.
Dopo le due lunghe lettere da me scrittevi...
 BR. ANN., t. XI (1796), 84-126; ANT. COLL., t. II, p. I, 230-268.
 Un brano di questa lettera leggesi nel *Manuale della letteratura italiana* compilato dai professori
 A. D'Ancona ed O. Bacci (Firenze, 1897, Barbera), vol. IV, 562-565.
138. 1795, 24 ottobre — Poscritto alla lettera precedente. — Intorno ai vapori elastici.
Io ho continuato ad occuparmi molto...
 BR. ANN., t. XI (1796), 127-128; ANT. COLL., t. III, 381-382.
139. 1795, 30 ottobre — Nuova memoria ecc. Lettera IV da Como allo stesso.
Ho indicato già e spiegato nella lettera precedente...
 CANT. DISC., 71-87.
140. 1795, ... — Idem. Lettera V allo stesso.
Mi sono forse troppo esteso nelle due lettere precedenti...
 CANT. DISC., 88-94.
141. 1795, ... — Ragguaglio sopra il suo insegnamento della fisica.
Si son fatte anche in quest'anno sperienze regolarmente... (estratto).
 CANTÙ, IT. ILL., III, 582-585.
142. 1796, (estate) — Promemoria da Como all'agente militare Valeri pel commissario
 del direttorio Saliceti. — Intorno a cariche ed incombenze municipali avute.
... Malgrado questo è stato scelto dal Consiglio generale... (frammento).
 ZAN. V. STUD., 183.
143. 1796, 1 agosto — Lettera da Como al prof. Gren di Halle in Sassonia. — Sul galva-
 nismo, ossia sull'elettricità eccitata dal contatto dei conduttori dissimili. Lettera I.
... Eccovi a tal proposito una speranza assai curiosa... (estratto).
 GREN, N. Iour. t. III (1797), fasc. III, 479-481 (estratto); BR. ANN., t. XIII (1797), 226-
 274; ANN. DE CH., t. 23 (1797), 276-278 (tradotta dal tedesco in francese da Van Mons); ANT.
 COLL., t. II, p. II, 5-40.
144. 1796, ... agosto — Lettera da Como allo stesso. — Detto argomento. Lettera II.
Dopo avervi dato, mio caro professore, un'idea...
 GREN, N. Iour. t. IV (1797), fasc. I, 107-135; BR. ANN., t. XIV (1797), 3-39; ANN. DE CH.,
 t. 23 (1797), 278-315 (tradotta come sopra, compresa l'*Addition*); ANT. COLL., t. II, p. II, 41-68.
 Cito il Gren sulla fede altrui, non essendo riuscito ad averlo sott'occhio.
145. 1796, 25 ottobre — Lettera da Milano all'ab. Carlo Gabba prof. d'istituzioni mecca-
 niche all'università di Pavia. — Gli manda il promemoria contenente la sua giu-
 stificazione contro l'accusa d'aver favorito il trasporto altrove della università.
Vi sarà noto, che sono stato insultato in teatro...
 MEM. UN., p. III, 423-427.
146. 1796, 25 ottobre — Promemoria accennato nella precedente.
Il cittadino Volta professore dell'università di Pavia... (estratto).
 ZAN. V. STUD., 184-185.

147. **1796, 15 dicembre** — Lettera da Como all'Amministrazione generale in Milano. — Domanda la giubilazione dall'impiego di professor pubblico di fisica sperimentale dell'università.

Il cittadino Alessandro Volta di Como avendo coperto l'impiego...

MEM. UN., p. III, 427-429.

148. **1797, ...** — Lettera da Como al prof. Gren. — Sull'elettricità eccitata dal contatto de' conduttori dissimili. Lettera III.

Vi ho comunicato, mio rispettabile collega...

BR. ANN., t. XIV (1797), 40-74; ANN. DE CH., t. 29 (1798) extrait par Van Mons, 91-93; ANT. COLL., t. II, p. II, 69-94.

149. **1798, ... aprile** — Lettera del cittadino N. N. di Como al cittadino Aldini professore a Bologna. — Intorno alla pretesa elettricità animale nelle sperienze del galvanismo. Lettera I.

Le contrazioni spasmodiche de' muscoli, specialmente volontari, tanto nelle rane... (estratto).

BR. ANN., t. XVI (1798), 3-27 con Appendice, articolo tratto dagli *Elementi di fisica* di Green, p. II capo IV. Della così detta elettricità animale; BR. ANN., ibid., 27-41.

150. **1798, ... aprile** — Lettera II. come sopra.

Sciolte intieramente le obbiezioni di Galvani, e pochi suoi seguaci, si sostiene dunque e trionfa... (estratto).

BR. ANN., t. XVI (1798), 42-88.

151. **1798, ... ottobre (?)** — Lettera da Como? al prof. Giampietro Frank a Vienna. — Gli raccomanda un giovane laureato; gli dà nuove della università pavese, della propria famiglia e degli studi e ricerche sulla elettricità animale.

Un mio buon padrone e amico mi raccomanda caldamente...

MEM. UN., p. III, 430-435.

152. **1799, 19 marzo** — Lettera da Como ad un cittadino ed amico (probabilmente il cavaliere Landriani). — A proposito della memoria sulla elettricità da mandare all'Istituto nazionale di Parigi; poi descrive uno degli apparati per determinare la forza elastica dei vapori di vari liquidi, sia allo stesso grado di calore, sia a differenti temperature.

Tardi rispondo alla pregiatissima vostra... (frammento).

ZAN. V. STUD., 188.

L'apparato consiste in un semplice tubo torricelliano piuttosto largo... (estratto).

MAGR. NOT., 258 col. 2-259 col. 1.

153. **1799, 29 ottobre** — Reclamo contro un balzello straordinario di guerra.

...ma che serve se questo titolo d'accusa... (frammento).

ZAN. V. STUD., 189.

154. **1800, 20 marzo** — Lettera da Como a Sir Ioseph Banks presidente della Società Reale di Londra. — Sulla elettricità eccitata dal contatto di sostanze conduttrici di natura diversa, e descrizione dell'organo elettrico artificiale, ossia della pila.

Après un long silence, je ne chercherai pas...

PHIL. TR., p. II (1800), 403-431; DELAM. IOUR., t. 51 (1800), 344-354; MONS IOUR., t. II (1800), 158-169; ANT. COLL., t. II, p. II, 97-131.

155. 1800, ... **marzo?** — Lettera da Como al conte Cocastelli, commissario imperiale a Milano. — Chiede, spiegandone le ragioni, il trasloco dalla università di Pavia al ginnasio di Brera in Milano come prof. ordinario o straordinario di fisica sperimentale.
Eccellenza, — Le circostanze in cui si trova il professore Volta...
MEM. UN., p. III, 436-438.
156. 1800, 22 **settembre** — Lettera da Como in risposta ad altra del consigliere Landriani da Vienna 14 agosto. — Sopra alcuni fenomeni chimici ottenuti col nuovo apparecchio elettrico della pila.
Gratissima mi è stata l'ultima vostra lettera de' 14 agosto...
BR. ANN., t. XVIII (1800), 7-23; ANT. COLL., t. II, p. II, 139-150.
157. 1800, ... **settembre?** — Lettera da Como al prof. Brugnatelli a Pavia. — Gli comunica la lettera Landriani 14 agosto e la sua responsiva.
Invece della descrizione del mio nuovo apparato...
BR. ANN., t. XVIII (1800), 3-4; ANT. COLL., t. II, p. II, 135-136.
158. 1800, 28 **settembre** — Lettera da Como? a Brune generale in capo dell'armata d'Italia. — Chiede protezione e assistenza nel viaggio che col collega Brugnatelli sta per intraprendere a Parigi, e sicurezza per la moglie, i figli ed il fratello.
Vous avez fait l'accueil le plus flatteur...
ZAN. V. STUD., 192-193.
159. 1800, 1 **novembre** — Lettera da Como? al collega Brugnatelli a Pavia. — Gli dice che per il viaggio a Parigi convien aspettare che sia decisa e stabilita la pace.
Avrete saputo come ho chiesto al Gen. in capo Brune...
ZAN. V. STUD., 194.
160. 1801, ... Description de la pile électrique par Alexandre Volta, communiquée par Brugnatelli.
La construction suivante du nouvel appareil électro-moteur, est un des plus faciles et des plus commodes, et, par elle, cette machine devient portative...
MONS IOUR., t. I, cahier 15 brumaire an X (6 novembre 1801), 129-141.
161. 1801, 18 **maggio** — Lettre du cit. A. Volta au citoyen N...., Pavie 29 floréal an 9, communiquée par le professeur Brugnatelli. — Sur l'identité du fluide électrique avec le prétendu fluide galvanique.
Vous avez donc vu, mon ami, mon nouvel appareil, lequel est uniquement composé...
MONS IOUR., t. I, cahier 15 brumaire an X (6 nov. 1801), 167-175; t. II, cahier 15 pluviôse an X (4 febbraio 1802), 158-169.
La descrizione della pila, di cui al numero precedente, è diversa da quella che leggesi nella lettera a Banks (n.º 154); la parte II della lettera 18 maggio 1801 al presente numero, e nel t. II del Giornale di Van Mons, ha lo stesso principio della citata lettera a Banks e cioè: "Après un long silence, etc.", ma diverso è il titolo, avendo Van Mons ripetuto qui quello posto nel t. I, come sopra. Osservasi ancora una notevole differenza di forma tra la lettera a Banks e la presente, poichè il Volta in questa riassume la teoria sul fluido elettrico e i risultati della sua pila, ponendovi una lunga nota, ove accenna alle comunicazioni fatte a Vassalli, a Gren e ad Aldini, come pure alle molte sperienze che condussero allo scoprimento della pila.
162. 1801, 14 **agosto** — Lettera da Milano al fratello arcid. Luigi. — Sul progettato viaggio a Parigi.
... *Vengo all'affare del progettato viaggio...* (estratto).
MOCC., 50-51; MONT., 127-128.
- Mem. R. Ist. Lomb. Vol. XVIII, IX della serie III, Cl. sc. matem. e nat.

163. 1801, 5 settembre — Lettera da Briga nel Vallese allo stesso. — Gli dà conto del buon viaggio fatto fin là.

Eccoci giunti finalmente a Briga...

ZAN. V. STUD., 203.

164. 1801, 15 settembre — Lettera da Ginevra allo stesso. — Notizie del viaggio e del soggiorno in quella città.

Finalmente oggi ho ricevuto la vostra lettera... (frammenti).

ZAN. V. STUD., 204-205.

165. 1801, 30 settembre — Lettera da Parigi allo stesso. — Gli manda notizie su quella grande città.

Siamo giunti felicemente a Parigi fin dal giorno 26...

ZAN. V. STUD., 206-207.

166. 1801, 9 ottobre (18 vendemmiale an. X) — Lettera da Parigi a Jean Claude De La Métherie. — Sopra gli elettromotori.

Voi mi avete chiesto un ragguaglio delle sperienze...

DELAM. IOUR., t. 53 (An. IX-X, 1801-1802), 309-316 (tradotta in francese col titolo: *Sur les phénomènes galvaniques*); AM. OP. SC., t. XXI, p. VI (1801), 373-379; ANT. COLL., t. II, p. II, 153-164.

167. 1801, 19 ottobre — Lettera da Parigi al fratello arcid. Luigi. — Sue occupazioni in quella capitale.

... Io continuo a star bene, ad occuparmi e a divertirmi... (estratto).

MOCC., 51-53; MONT., 128-130.

168. 1801, 27 ottobre — Lettera da Parigi allo stesso. — L'informa dei progressi dell'inoculazione del vaccino e della opinione dei dotti in proposito, come pure delle sessioni tenute per rischiarare le questioni sul galvanismo.

... Giacchè parliamo di cose che han relazione a medicina... (estratto).

ZAN. V. STUD., 210-212.

169. 1801, 4 novembre — Memoria sull'identità del fluido elettrico col fluido galvanico.

Ho addotte in uno degli antecedenti scritti le ragioni...

ANN. DE CH., vol. 40 (an. X, 1801-1802), 225-256 in francese col titolo: "De l'électricité galvanique", ossia "Le fluide galvanique ne diffère pas point de fluide électrique", senza la parte II; BR. ANN., t. XIX (1802), 38-88 la parte I colla descrizione del piliere elettrico, t. XXI (1802), 163-211 la parte II; ANT. COLL., t. II, p. II, 167-227.

Questa lettera si riferisce alla precedente segnata al n.º 166. — Negli *Annali* del Brugnatelli la parte II non è intiera e leggesi infine " (sarà continuata) "; ma cessati detti *Annali* restò sospesa; l'ultimo § è il 54. La descrizione del piliere elettrico fu da Brugnatelli comunicata a I. B. Van Mons e da questo pubblicata in francese nel suo *Journal de chimie*, t. I, 129-141, come si notò al n.º 160.

170. 1801, 10 novembre — Lettera da Parigi a sua moglie. — La ragguaglia del suo successo ottenuto il 7 all'Istituto di Francia colle sperienze sul galvanismo, e del ricevimento avuto il 6 da Bonaparte che lo colmò di elogi e di onori.

... A proposito del vaccino ho parlato a lungo con alcuni... (estratto).

MONT., 79-81.

Ieri l'altro ho ricevuto la lettera dell'Arcidiacono... (frammenti).

ZAN. V. ST., 217-218 e in più luoghi altri brani.

Questi frammenti completano l'estratto dato dal Montanari.

171. **1801, 17 novembre** — Lettera da Parigi al fratello arcid. Luigi. — L'informa delle sue letture fatte il 7 e il 12 all'Istituto presente il Primo Console, e degli onori avuti.
... Bonaparte, che, come già vi scrissi, intervenne... (estratto).
 MOCC., 53-55; MONT., 130-132; ZAN. V. STUD., 225-226 con molte varianti, ma non intiera.
172. **1801, 10 dicembre** — Lettera da Lione allo stesso. — Intorno ai comizi che si terranno, ed ai personaggi che arrivano ed arriveranno.
Eccoci a Lione. Ci siamo giunti jeri l'altro a sera tardi... (estratto).
 ZAN. V. STUD., 237-238.
173. **1801, 11 dicembre** — Lettera da Lione a sua moglie. — Le nomina i comaschi giunti per i comizi.
Approfitto di un momento per scrivere due righe anche a voi...
 ZAN. V. STUD., 239-240.
174. **1801, 19 dicembre** — Lettera da Lione al fratello canonico Giovanni, con poscritto del 21. — Gli dà notizia di compatrioti e della gratificazione e medaglia avute dal Governo francese.
Non vi ho mai scritto durante la mia lunga assenza...
 ZAN. V. STUD., 243-244.
175. **1801, 31 dicembre** — Lettera da Lione al fratello arc. Luigi, con poscritto del 1 gennaio 1802. — L'avvisa della morte repentina dell'arcivescovo di Milano, dell'arrivo di Talleyrand e dei deputati cisalpini ai comizi.
... Vi sarà probabilmente pervenuta l'infausta notizia... (estratto).
 MONT., 153-155.
Ier l'altro ho ricevuta la vostra del 15 cadente... (intiera).
 RICC., 45-50.
176. **1802, 11 gennaio** — Lettera da Lione a sua moglie. — Intorno alle sessioni dei comizi, all'arrivo di Bonaparte e del ministro Chaptal, e su una festa della sera precedente.
Le nostre sessioni sono cominciate già da otto giorni... (estratto).
 MONT., 156-157.
177. **1802, 29 gennaio** — Lettera da Lione al fratello arcid. Luigi. — L'informa della sua malattia reumatica.
Le ulteriori notizie della mia malattia...
 RICC., 51-52.
178. **1802 18 marzo** — Lettera da Como ai redattori della *Bibliothèque britannique* di Ginevra. — Réponse aux observations de Nicholson sur ma théorie (dei fenomeni elettrico-galvanici).
Pour répondre à votre invitation, je vous adresse...
 BIB. BRIT., t. XIX (an. X, 1802), scienze ed arti, 274-289, 339-350; ANT. COLL., t. II, p. II, 231-252.
 I redattori della *Bibliothèque britannique* posero in calce alla p. 274 la nota seguente: "Cet écrit a été lu par l'auteur à la Société de physique et d'histoire naturelle de Genève dont il est Associé honoraire, dans la séance du 27 ventose (18 mars). Son séjour accidentel dans notre ville (où il est venu rétablir sa santé, fort altérée à Lyon), en procurant à ses nombreux amis la satisfaction de le revoir, donne aussi à nos lecteurs l'avantage de trouver dans un même cahier de notre Recueil, la *duplique* et la *replique* d'un procès, dont la décision leur est portée (R).".

179. **1802, 29 settembre** — Lettera da Como al prof. Brugnatelli. — Sopra alcuni fenomeni elettrici.
Riguardo a' miei studi, e alle mie ricerche sperimentali... (estratto.)
 BR. ANN., t. XXI (1802), 79-81; ANT. COLL., t. II, p. II, 279-280.
180. **1802, ...** — Lettera da Como allo stesso. — Sopra l'applicazione dell'elettricità ai sordomuti dalla nascita.
Vi scrissi già che le tante dettagliate relazioni...
 BR. ANN., t. XXI (1802), 100-105; ANT. COLL., t. II, p. II, 283-286.
181. **1803, 29 marzo** — Lettera da Como al dott. Giuseppe Frank a Vienna. — Gli dà sue notizie.
Non so per qual cagione sia stata tanto ritardata...
 MEL. CAL., 1 col. 3-4; ZAN. V. ESP., n.° 5 (17 giugno 1899), 36.
182. **1804, 2 gennaio** — Lettera da Como al canonico Angelo Bellani. — A proposito della di costui dissertazione sul fluido elettrico.
Ho ricevuta e letta con gran piacere...
 MONT., 49-57.
183. **1804, 3 febbraio** — Lettera da Pavia alla moglie. — L'informa di sue notizie.
Due lettere jeri ho ricevuto di casa...
 ZAN. V. ESP., n.° 21 (7 ottobre 1899), 166.
184. **1804, 1 giugno** — Lettera da Pavia a Pietro Cossali a Parma. — Sull'ammissione del prof. Pietro Sgagnoni a membro della Società Galvanica di Parigi, e su alcune varietà di pile.
Mi congratulo col sig. prof. Pietro Sgagnoni della patente...
 BIAD. A. VOLTA, 25-27.
185. **(1804?), 4 giugno** — Biglietto da Parma allo stesso. — L'invita a trovarsi all'albergo del Pavone.
Il prof. Volta, Brugnatelli e l'astronomo Reggio giunti in questo momento...
 BIAD. A. VOLTA, 29.
 Benchè manchi l'anno al biglietto, credo non sia errato collocarlo in questo punto.
186. **1804, 14 giugno** — Discorso sui vapori pronunziato nella grand'aula della università di Pavia.
Il primo che siasi applicato a siffatte ricerche con esperienze di una grande estensione...
 MAGR. NOT., 259 col. 1 — 260 col. 1.
187. **1804, 1 agosto** — Sopra la grandine. Memoria divisa in tre parti.
Molte sono le difficoltà che si presentano al fisico...
 MEM. BOL., t. I, p. II (1806), 125-190; BR. GIOR. FIS., t. I (1808), 31-45, 129-139, 179-198; DELAM. IOUR., t. 69 (ottobre 1809), 286-299, (novembre), 333-360 tradotta in francese da Veau-Delaunay col titolo "Mémoire sur la formation de la grêle"; ANT. COLL., t. I, p. II, 355-421.
 Questa memoria può dirsi la XI sulla meteorologia elettrica. — Fu ristampata dal can. Angelo Bellani col titolo: "Sulla formazione della grandine", aggiungendovi la parte quarta concernente "Il periodo dei temporali", di cui al numero 225, ed un articolo di esso Bellani sul medesimo argomento. Milano, 1824, dalla tip. Manini.

188. 1805, ... **aprile** — Lettera responsiva ad Humboldt.
Monsieur, — Je ne saurois Vous exprimer le plaisir que m'a fait votre lettre de 15 avril passé... (estratto).
 MAGR. NOT., 263-265.
189. 1805, 10 **giugno** — Lettera da Milano a S. E. il consiglier Felici ministro dell'interno. — Si scagiona di non poter recarsi a Bologna per un'adunanza di quell'Istituto nazionale, giusta l'invito fattogli.
Alla vigilia di restituirmi a Como, dove interessi gravissimi...
 RICC., 53-55.
190. 1805, 22 **giugno** — Poscritto di lettera da Bologna al fratello arcid. Luigi. — Sul-l'arrivo di Napoleone e colloquio avuto con esso.
La posta non parte che questa sera...
 ZAN. V. STUD., 257.
191. 1805, 15 **luglio** — Lettera da Como al prof. Configliachi. — Sopra sperienze ed osservazioni da intraprendersi sulle torpedini.
Ricevetti la stimatissima vostra de' 19 giugno a Bologna...
 BR. ANN., t. XXII (1805), 223-248; ANT. COLL., t. II, p. II, 255-276.
192. 1805, 23 **luglio** — Lettera responsiva da Como a M... prof. di filosofia a G... (probabilmente Gottinga). — Rifiuta la cattedra propositagli all'Accademia imperiale di Pietroburgo.
Monsieur, — Je Vous remercie, Monsieur, de la communication confidentielle...
 MAGR. NOT., 278-279.
193. 1805, 26 **luglio** — Lettera da Como al ministro dell'interno. — Lo fa consapevole del rifiuto della cattedra a Pietroburgo.
Eccellenza, — Stimo conveniente di comunicare a V. E. una proposta...
 MAGR. NOT., 277-278.
194. 1805, 18 **settembre** — Lettera da Como al ministro Bovara. — Lo ringrazia di avergli partecipato il sovrano decreto che gli assegna la pensione di 3000 franchi sulla mensa vescovile di Adria.
Scuserà l' E. V., il tardo riscontro al veneratissimo suo foglio del 6 corrente...
 MAGR. NOT., 279.
195. 1805, 30 **novembre** — Lettera da Lazzate al can. Bellani. — Gli chiede un termoscopia e un igrometro a listarella di penna.
Tardi rispondo al gentilissimo foglio di V. S...
 MONT., 57-58.
196. 1805, 18 **dicembre** — Lettera da Como allo stesso. — Accusa ricevuta del termoscopia.
Ricevo dal cavallante Piffero la cassetta...
 MONT., 59.
197. 1805, ... — L'identità del fluido elettrico col così detto fluido galvanico vittoriosamente dimostrata con nuove esperienze ed osservazioni. Memoria. — Pavia, 1814, da G. Giacomo Capelli.
Si è dato il nome di galvanismo ai molteplici fenomeni derivanti in origine...
 Comunicata dal medico Giuseppe Baronio, discepolo di Volta, all'ab. Pietro Configliachi, il quale la pubblicò con alcune note dello stesso Volta. Intorno a questa pubblicazione fatta dal Configliachi ed alle critiche mosse a questo professore veggansi le *Note bibliografiche sulle opere di A. Volta* del prof. Pietro Riccardi, inserite nelle *Memorie della r. Accademia in Modena*, t. XVII, 159 e segg.

198. **1806, 6 febbraio** — Lettera da Como al can. Bellani. — Dichiaro di aver ricevuto l'igrometro, e gli parla di alcune osservazioni.
Anche l'igrometro a listarella di penna l'ho ricevuto...
 MONT., 59-61.
199. **1806, ...** — Estratto di un manoscritto sull'insussistenza della genesi del clorino e dell'alcali nell'acqua sottoposta all'azione degli elettromotori.
È noto già da alcuni anni che due fili o lastrette...
 BAR. SAGGIO, 102-128; ANT. COLL., t. II, p. II, 289-302.
200. **1806, 18 febbraio** — Lettera da Como al cav. Gabriele Grimaldi segretario dell'Accademia Napoleone a Lucca. — Riguarda l'onorificenza conferitagli dalla principessa Elisa (sorella di Napoleone) e dal di lei sposo principe Felice Baciocchi facendolo eleggere uno dei 30 accademici corrispondenti dell'Accademia lucchese.
Signore. — Ai tanti onori e benefici compartitimi da S. M. I. R. ...
 SFORZ. LETT., 302-303.
201. **1806, 8 giugno** — Lettera da Campora ad un collega ed amico. — Gli spiega come sia praticata l'apertura in fondo delle piccole siringhe mandate da Parigi ad uso di battifuoco.
Ora che ho tutto il tempo e il comodo in questa mia solitudine... (estratto).
 MAGB. NOT., 265-266.
 Campora è villeggiatura della famiglia Volta presso Camnago nelle vicinanze di Como. — Altri piccoli brani di lettere scientifiche del sommo fisico riporta il sig. prof. Magrini nelle citate *Notizie*, che leggonsi negli *Atti del r. Istituto Lombardo*.
202. **1806, 25 novembre** — Lettera da Como al can. Bellani. — L'invita a Lazzate e si mostra desideroso d'avere un certo di lui opuscolo.
In una scappata, che ho fatto ieri a Como...
 MONT., 61-62.
203. **1807, 1 febbraio** — Lettera da Como allo stesso. — Su certe lagnanze del prof. Brugnattelli intorno alla priorità pretesa per una scoperta.
Ho ricevuto la sua lettera, in cui mostra il desiderio...
 MONT., 63-65.
204. **1807, 20 marzo** — Lettera da Milano al dott. Attilio Zuccagni prof. di storia naturale nel r. liceo di Firenze. — Risponde sul fenomeno fisico di un ignivomo.
Ricevetti giorni sono a Milano, dove son venuto a passare gli ultimi giorni di carnevale...
 GIOR. PIS., t. IV (1807), 406-413; ANT. COLL., t. III, 313-317.
205. **1807, 20 marzo** — Lettera da Pavia al can. Bellani. — Intorno alle sperienze per produrre l'acido muriatico e l'alcali col mezzo della pila.
Ricevetti già i di lei saluti per mezzo del professore Configliachi.
 MONT., 66-68.
206. **1807, 30 aprile** — Lettera da Milano allo stesso. — Intorno alla genesi dei due gas ossigeno ed idrogeno.
Ho differito a rispondere alla sua ultima non che giorni...
 MONT., 68-70.

207. 1807, 3 maggio — Lettera da Milano allo stesso. — Su varie cose, specialmente sulla memoria spedita da Baronio a un concorso per la questione della elettricità galvanica.
La mia lettera de' 30 aprile, che consegnai io stesso...
MONT., 70-72.
Si riferisce alla memoria di cui retro al n.º 197.
208. 1807, 14 agosto — Lettera da Como allo stesso — Intorno ai conduttori imperfetti.
Dopo un mese par bene che sia tempo di rispondere...
MONT., 72-74.
209. 1808, 12 gennaio — Lettera da Como al conte Giambattista Giovio podestà di Como.
— Accetta di far parte della civica Commissione d'ornato.
Ieri sera solamente mi fu recato il di lei venerato foglio...
FOSS. LETT., 9-10.
210. 1808, 24 gennaio — Lettera da Como al cav. Michele Araldi, segretario perpetuo dell'Istituto nazionale italiano a Bologna. — Si scusa di non aver eseguite certe incombenze.
Non occorre ch'Ella accusi la sorte: accusi pur me...
MONT., 75-77; LETT. REGGIO, t. III, 68-70.
211. 1809, 10 febbraio — Lettera da Como al protomedico Giuseppe Ramati a Novara.
— Gli loda un suo opuscolo.
Sono circa due mesi che ricevetti in un col grazioso suo foglio...
POG. CIM., 41-42.
212. 1809, 9 aprile — Lettera da Milano al cav. Araldi. — Intorno alla dignità di senatore conferitagli da Napoleone.
Per non incorrere più nell'imperdonabile fallo...
RIOC., 67-70.
213. 1809, 24 maggio — Lettera da Pavia al cav. Grimaldi a Lucca. — Si trattiene sulla dissertazione intorno ai pregi e difetti delle tragedie d'Alfieri presentata dall'avvocato Gio. Carmignani e premiata dall'Accademia Napoleone.
Ho ricevuto un poco tardi la vostra lettera...
SFORZ. LETT., 304-305.
214. 1809, 11 agosto — Lettera da Milano a sua moglie. — La ragguaglia d'esser giunto a Milano in casa della Monticelli, e dello stipendio annuo che riceve come senatore; la incarica di raccomandare due detenuti, e le chiede la sua fede di battesimo...
Avrete già avuto nuove del mio felice viaggio e arrivo a Milano...
MONT., 81-82.
Cecilia Peregrini maritata al conte Carlo Monticelli di Crema era sorella della moglie di Volta.
215. 1809, 14 dicembre — Lettera da Milano al can. Nicola Venini a Gravedona. — Sulla possibilità di una accensione spontanea cagione dell'incendio avvenuto in Milano la notte del 22 agosto 1809, a proposito della memoria del chimico sig. Porati.
Mi è arrivata tardi la sua graziosa lettera del 25 novembre...
Milano, 1810, presso Giovanni Bianchi; PINTO, III-V.

216. 1810, 28 maggio — Lettera da Milano al cav. Araldi a Bologna. — Sull'ordine datogli dal Governo di far costruire un gran apparato elettromotore a larghe lastre per l'Istituto di Bologna.

Ho avuto, com' Ella sa, ordine dal Governo di far costruire...

RICC., 71-73.

217. 1810, 8 ottobre — Lettera da Como al can. Bellani a Monza. — Lo invita alla villeggiatura di Lazzate.

Siamo stati a Lazzate verso il fine di settembre...

MONT., 83-84.

218. 1815, 6 gennaio — Lettera da Milano al can. Giacomo Ciceri a Como. — Gli fa conoscere la sua professione di fede cattolica.

Non so chi mai possa dubitare della mia sincerità...

CIC., 5; CORR. LARIO, 2-3.

Lo stesso can. Ciceri ne aveva già pubblicato un estratto nella sua operetta "Le due giornate d'agosto", in seguito ai suoi "Aneddoti", Como 1824, presso Pasquale Ostinelli, p. 53; poi colla sua novella "Il Solitario e Cecilio", Milano 1830 per Gaspare Truffi, pp. 182-183, e di nuovo in Como 1854, dalla tip. Giorgetti, pp. 170-171. Anche il sig. cav. Zanino Volta nella sua Nota "Gli ultimi studi sul Volta", letta nel 1886 al R. Istituto Lombardo e pubblicata nel *Rendiconti* S. II, vol. XIX, pag. 703, ristampa questa professione di fede con tutte le varianti che trovò nella minuta originale autografa.

219. 1821, 23 dicembre — Lettera da Como al p. Francesco Villardi, minor conventuale oratore sacro e letterato, a Milano. — Ringrazia delle poesie speditegli da esso Villardi.

Vossignoria pregiatissima mi confonde con complimenti...

VILL. OP., v. II, 403; BELL., 71, nota 1.

220. 1823, 8 febbraio — Biglietto da Como al prof. Configliachi? a Pavia. — Gli raccomanda il giovane don Antonio Odescalchi nobile comasco.

Continuando voi gentilmente a fare le mie veci...

Pubblicato dal prof. nob. Alessandro Volta Junior in "Atti della Società italiana di elettricità", Anno II, maggio 1899, Bollettino n.º 10, Milano, 1899, tip. Lamperti di G. Rozza, p. 122.

221. 1823, 26 febbraio — Lettera da Como al conte Domenico Paoli a Pesaro. — Accenna a un premio proposto da esso conte Paoli a profitto delle scienze naturali.

Ho ricevuto il gentilissimo di Lei foglio pieno...

MONT., 78.

222. 1823, 9 luglio — Lettera da Como al prof. Giambattista Marzari presidente dell'Ateneo di Treviso. — Risposta relativa ai così detti paragrindini.

Ho ricevuto il gentilissimo di Lei foglio...

ANT. FIR., t. XI n.º XXXII (agosto 1823), 194; GAZZ. MIL., n.º 199 (venerdì, 18 luglio 1823), Appendice critico-letteraria, p. I; Como 1823, presso Carlantonio Ostinelli, 3-5.

A proposito di questa lettera o memoria il ch. don Alessandro Volta juniore mi comunicava quanto segue: "La lettera sui paragrindini diretta al Marzari, 9 luglio 1823, effettivamente fu composta non già da Alessandro Volta, ma bensì da Luigi Volta mio padre. Alessandro Volta però vi pose la firma e fece poi una dichiarazione in proposito sulla *Gazzetta di Milano*, 29 luglio 1823. Questa dichiarazione è certamente l'ultima pubblicazione fatta dal Volta". A questa memoria poi si riferiscono alcuni articoli pubblicati nella citata *Antologia* di Firenze dell'anno 1823, vol. XI, e cioè nel n.º XXXI (luglio), p. 175, una lettera di X-Z, 15 luglio, al direttore dell'*Antologia*; nel n.º XXXII (agosto), p. 190, una corrispondenza relativa ai paragrindini del dott. Basevi, Livorno 4 agosto, seguita da due lettere di un anonimo, 5 e 11 agosto.

223. 1823, 26 luglio — Lettera all'estensore della *Gazzetta di Milano*. — Si lagna della pubblicità data alla lettura precedente diretta a Marzari.

Sig. Estensore, — Ho veduto con sorpresa nell'Appendice della Gazzetta di Milano n. 199 una lettera...

GAZZ., MIL., n.º 210 (martedì, 29 luglio 1823). Appendice critico-letteraria, p. I.

224. — Lettera di risposta ad un conoscente. — Intorno alla geografia fisica ed alla meteorologia del Lago di Como (*seiches*, condizioni igrometriche degli strati di aria sovraincombenti al lago, temperatura abissale di esso, fenomeni del Fonte Pliniano e del Fiumelatte).

Vous me demandez si le lac de Côme présente le phénomène de flux et reflux . . .

SOM. N. C., 402-407.

Questa lettera, nella minuta autografa, non è completa, perchè il Volta, finito di parlare delle sue osservazioni sul lago, viene ad informare il suo conoscente de' suoi lavori più recenti d'altro genere; ma poi tronca la lettera, la quale manca di data, di firma e d'indirizzo. Circa la data pare che sia da porsi tra il 1802, in cui per l'ultima volta il nostro fisico visitò Ginevra, e il 1804. Non è accertato se la lettera fu da Volta realmente spedita al suo corrispondente e se questi sia ginevrino e l'abbia pubblicata in qualche opera e periodico. L'egregio prof. nob. Somigliana, a cui devesi il merito d'aver fatto conoscere questa importantissima lettera, avvisa che il ch. prof. Sarasin sta facendo indagini in proposito.

225. — Lettera da Como al prof. Configliachi a Pavia. — Sul periodo dei temporali e sul vento freddissimo ed istraordinariamente secco che si fa sentire molte ore dopo a quelli che scaricarono grandine.

Eccovi, Amico, altre mie osservazioni ed idee . . .

BR. GIOR. FIS., t. X (1817), 17-27; ANT. COLL., t. I, p. II, 489-504.

È la parte quarta della memoria sopra la grandine pubblicata da Bellani, come si disse al n.º 187. Anche questa lettera è senza data; ma da una circostanza accennata dal Volta in principio di essa si comprende che fu scritta dopo il 1811; la circostanza riferita è che il prof. Configliachi era già possessore della Villa *Succota* sul Lago di Como, da lui acquistata nel 1811.

226. — Alcune osservazioni relative all'invenzione della pila.

Le sperienze invero sorprendenti incominciate dal celebre professor Galvani sulle rane . . .

MOCC., 48-49.

Brano tolto ad un manoscritto inedito sull'*Elettricità*, che ora s'ignora dove sia.

227. — Dei fenomeni che presentano i conduttori di 2^a classe applicati ai poli dell'elettromotore.

E noto come dietro le bellissime ed originali esperienze e scoperte di Galvani . . .

Brani tolti dall'autografo esistente presso il r. Istituto Lombardo e pubblicati dal nob. prof. A. Volta junior nel numero unico "Onoranze dei telegrafisti a Volta nel centenario della Pila". Como, 1899, Pietro Cairoli, pp. 5-6.

228. — Sonetto per vestizione d'abito religioso, composto a sedici anni.

Giovin Signor, che con arditi passi . . .

MOCC., 74; ZAN. VOLTA, *La coltura letteraria e gli scritti di A. Volta* (Como, 1898, Omarini), 20; L. PORLEZZA, *Vita di A. Volta* (Como, 1898, Omarini), 11.

229. — Sonetto per monaca.

L'altr'ier su' primi mattutini albori . . .

PORLEZZA, *ibid.*, 11.

230. — Sonetto in francese per la solenne vestizione monastica della nobile donzella comasca Maria Antonia Gaggi.

Dans la saison chérie une rose nouvelle . . .

ZAN. VOLTA, *La coltura ecc.*, 11; PORLEZZA, *Vita ecc.*, 12.

Altri saggi di poesie giovanili del Volta recano Z. Volta e L. Porlezza nelle precitate loro opere.

231. — Anacreontica per monaca.

Quel sì vago amorosetto . . . (brano).

CANTÙ, IT. ILL., III, 568.

II. SCRITTI EDITI ATTRIBUITI AD ALESSANDRO VOLTA

ED ALTRI RELATIVI ALLE SUE OPERE E SCOPERTE.

- a) " Proposizioni e sperienze d'areologia, che nel r. ginnasio dimostrerà pubblicamente il sig. don Giuseppe Jossi sotto la direzione del sig. don Alessandro Volta r. professore di fisica sperimentale, reggente delle pubbliche scuole „. In Como, 1776. — Il prof. Configliachi nel suo *Catalogo delle opere di Volta fino a tutto l'anno 1813*, asserisce: " Quest'opuscolo merita distinta menzione nel catalogo delle opere del Volta, perchè fa conoscere quant'egli fosse esperto nella chimica *pneumatica* in allora nascente, e quanto contribuisse ai di lei progressi „. Maurizio Monti nella sua *Storia di Como* lo pone addirittura tra le opere di Volta (Vol. II, p. II, 612, nota 38); così pure il prof. Pietro Riccardi nell'elenco delle memorie concernenti la biografia di Alessandro Volta, in *Memorie della R. Accademia di scienze, lettere ed arti in Modena* (Modena, 1877, Soc. Tip.), t. XVII, 178 delle *Memorie della sezione di lettere*.
- b) " Dubbi e pensieri sopra la teoria degli elettrici fenomeni „ di Carlo Barletti delle Scuole Pie. In Milano, 1776, Giuseppe Galeazzi. — Contiene il ragguaglio scritto da Volta di alcune sue sperienze sull'elettroforo.
- c) " Transunto delle lettere di Volta sull'aria infiammabile „, in *Scelta d'opuscoli interessanti* dell'ab. Carlo Amoretti, 1^a edizione in-16, t. XXVIII (1777), 43; 2^a edizione in-4, t. III (1784), 153; poi in *Opuscoli fisico-medici*. Firenze, 1777.
- d) " Schreiben an der Herrn Joseph Klinkosch den beständigen Electricitätsträger betreffend „, in *Abhandlungen einer Privatgesellschaft in Böhmen*. Praga 1777. Band III, 199.
- e) " Précis d'une lettre sur l'air inflammable „. — " Sur l'inflammation de l'air inflammable et de l'air commune „. — Sono due articoli estratti dalle sette lettere di Volta al P. Campi sull'aria infiammabile nativa delle paludi. In *Observations sur la physique* ecc. par M. Rozier. Paris, 1778, t. I, 152, t. II, 219 e 365; 1779, t. I, 278.
- f) Il viaggio nella Svizzera fatto da Volta nel 1777 fu largamente riassunto prima da Maurizio Monti (*Storia di Como*, vol. II, p. II, 614, nota 39), ma solo per la parte di viaggio di cui alla *Relazione* del Volta stesso (n. 60); poi dal cav. avv. Zanino Volta nel suo libro sulla giovinezza di A. Volta (Milano 1875 Civelli), cap. XIII, pag. 171-195, ove dà conto anche del viaggio non descritto nella citata *Relazione*; infine dal prof. Mario Cermenati nell'opuscolo; *Volta alpinista*, dove riportansi testualmente alcuni brani.
- g) II. B. de Saussure nei " Voyages dans les Alpes „ (1779-96) parla di sue sperienze fatte secondo la teoria ed il sistema di Volta nel t. II (1786), 247, § 825; 249, § 826; 251, § 828; 252, § 829; 259, § 832; nel t. IV (1796), 257, § 256.
- h) *Giornale dei letterati*, t. XXXV, anno 1779. In Pisa 1779, appresso li fratelli Pizzorni. — Nell'articolo VI: *Essai sur les différentes espèces d'air*, etc. par M. Sigaud

de la Fond, a p. 189 si accenna alla *Pistola ad aria infiammabile* inventata da Volta.

Id. t. LXIV, An. 1786, in Pisa 1786 presso Luigi Raffaelli. — Nell'articolo V: *Memorie di matematica e fisica della Società italiana*, t. II, p. II, Verona 1784 Ramanzini, a p. 228, si dà un ragguaglio della memoria di Volta *Sopra i fuochi dei terreni e delle fontane ardenti e particolarmente di quelli di Pietramala*.

Id. t. LXXXIII, an. 1791. Pisa 1791 presso Gaetano Magnaini. — Nell'articolo V: *Memorie* (come sopra), t. V. Verona 1790 Ramanzini, a p. 186 si dà conto della memoria di Volta *Sulla maniera di far servire l'elettrometro atmosferico portatile all'uso di un igrometro sensibilissimo*.

- i) Alcuni articoli di Volta sono compresi nel *Dizionario di chimica* di Pietro Giuseppe Macquer, tradotto dal francese con note da Giovanni Antonio Scopoli professore di chimica e botanica nell'università di Pavia (Pavia 1783-84, per Giuseppe Bianchi ed edizioni successive) nelle note agli articoli: *Aria infiammabile*, *Aria fittizia*, *Aria nitrosa*, *Calore*, *Eudiometro*, *Flogisto*, *Fuoco*, ed altri. Dice il prof. Riccardi (*Bibliografia*, p. 180) che l'articolo di Volta sul *calore* fu anche stampato a parte col titolo: *Memoria intorno al calore*.
- k) " Osservazioni sull'elettricità dei vapori dell'acqua „. — Comunicazione fatta da Volta al prof. Brugnatelli, che la inserì nella sua *Biblioteca fisica d'Europa*, Pavia 1788, t. I, 148-149.
- l) " Osservazione sull'elettricità del ghiaccio „. — Altra comunicazione come sopra. Detta *Biblioteca*, 1788, t. VI, 164-165.
- m) " Sull'elettricità animale ed alcune nuove proprietà del fluido elettrico „. — Altra comunicazione come sopra inserita nel *Giornale fisico-medico*, Pavia 1792, t. II, 287-290.
- n) Transunto di osservazioni sull'elettricità animale ed alcune nuove proprietà del fluido elettrico, in continuazione degli scritti pubblicati da Volta nel *Giornale fisico-medico* di Brugnatelli. In " Opuscoli scelti sulle scienze e sulle arti „, raccolti da Carlo Amoretti e Francesco Soave. Milano 1792, t. XV, 213-215.
- o) Un cenno intorno alle sperienze di Volta sull'elettricità della canfora leggesi nel *Delectus Opusculorum medicorum ante hac in Germania diversis Academiis editorum, quae collegit Joannes Petrus Frank*. Ticini 1787, 78-79 in nota. Dette sperienze son pure accennate da Brugnatelli nella sua memoria sulla singolare proprietà di certe sostanze di muoversi sull'acqua. In *Annali di chimica*. Pavia, 1790, t. I, 36-52.
- p) La seconda e terza lettera di Volta al prof. Gren di Halle sul galvanismo (v. n. 144 e 148) trovansi riassunte in francese da Van Mons in *Annales de chimie*. Paris, An. VII, t. XXIX, 91-93.
- q) " Lettre de Vassalli-Eandi à I. C. Delamétherie sur le galvanisme et sur l'origine de l'électricité animale. „ In *Journal de physique, de chimie, d'histoire naturelle et des arts* par I. Cl. Delamétherie, Paris, An. VII (1799), t. XLVIII, 336-339.
Id. id. " Sur les phénomènes de la torpille. „ *Ibid.*, t. XLIX (1799), 69-72.
Id. id., " à Buniva prof. de médecine a Turin sur l'électricité animale. „ *Ibid.*, t. L (1800), 148-149.
- r) Il prof. Magrini negli *Atti del r. Istituto Lombardo*, Vol. II (1860), pag. 262, riassume una *Giustificazione* di Volta indirizzata al concistoro della r. università di Pavia (in relazione al decreto 12 ottobre 1795) contro le accuse fattegli intorno

le imperfezioni del suo corso di fisica sperimentale. La chiusa è la sola parte testuale riportata e comincia: "Ora mi permetta di fare le giuste doglianze e querele contro chi, in vista di tale mio studio e premura, di tante fatiche . . .". Manca la data precisa.

- s) "Account of the new electrical etc. Description du nouvel appareil électrique, ou galvanique de M. Alexandre Volta, et expériences faites avec cet appareil." Questa descrizione è nel *Journal de Nicholson* (Juillet 1800), ma non è scritto di Volta, benchè riguardi l'apparecchio pella Pila. — La *Bibliothèque Britannique redigée à Genève par une Société de gens de lettres* (t. XV, sciences et arts, an VIII-1800, 3-23), la riportò per intero voltata dall'inglese in francese e comincia: *Nous disions, il y a quatre ans, lorsque nous rendimes compte de la decouverte de Galvani à l'occasion de l'ouvrage de Fowler: c'est une route nouvelle qui s'ouvre; elle conduit, peut-être, à des regions inconnues où de grandes et utiles vérités attendent les plus hardis où les plus heureux des nos contemporains.*
- t) La predetta *Bibliothèque Britannique* (t. XIX, scienze ed arti, fascicolo di gennajo 1802, p. 270-274) riportava dal *Journal de Nicholson* un articolo col titolo: *Observations sur le théorie exposée par le prof. Volta dans un Mémoire inséré dans le "Journal de physique", de Vendémiaire an X, par W. Nicholson.* — Questo *Journal de physique* era diretto da De la Métherie e la memoria di Volta era la lettera indirizzata allo stesso direttore (V. n. 166). Ora il redattore del giornale inglese con quelle osservazioni tendeva a provare che la spiegazione data da Volta alla teoria degli effetti impropriamente detti galvanici era insufficiente. I redattori della *Biblioteca Britannica* comunicarono le obbiezioni di Nicholson a Volta, invitandolo a rispondere. Questi infatti rispose loro colla lettera segnata al n. 178, e i redattori nel pubblicarla apposero la nota ivi riportata.
- u) "Extrait d'une lettre au C. Dolomieu sur quelques tentatives pour rendre l'appareil galvanique plus commode." In *Bulletin des sciences pour la Société philomatique*. Paris, an IX (1800-1801), n. 54, p. 48.
- v) "Exposition abrégée des principales expériences répétées par M. Volta en presence des Commissaires de l'Institut National etc." Pubblicata da Hallé in *Bulletin etc.* An X (1801-1802), n. 58.
- z) "Precis des expériences faites en Allemagne avec l'appareil galvanique de Volta, communiquées à l'Institut par le D.^r Frudlander de Berlin." In *Journal de physique etc.* par I. Cl. Delamétherie. Paris, chez I. I. Fuchs, t. LII (1801), pp. 101-106.
- "Sur les phénomènes électrométriques de la colonne de Volta, par M. Erman prof. de physique à l'Académie militaire de Berlin." *Ibid.* t. LIII (1801), pp. 121-134.
- "Notice des phénomènes d'attraction et de répulsion dépendant de la pile galvanique, observés par M. Ritter à Iena; communiquée par le prof. Pfaff de Kiel." *Ibid.*, t. LIII (1801), pp. 152-155.
- aa) "Lettre de M. Van Marum à M. Volta, prof. à Pavie, contenant des expériences sur la colonne électrique fait par lui et le prof. Pfaff dans le laboratoire de Teyler à Harlem en novembre 1801." In *Annales de chimie*. Paris chez Fuchs, an X (1801-1802), pp. 289-334.
- bb) "Rapport sur les expériences du citoyen Volta par le citoyen Biot, au nom d'une Commission etc." — È la teoria di Volta riassunta nel voto o relazione del 2 dicembre 1801 fatta dalla Commissione a ciò delegata dall'Istituto di Francia (estensore Biot), quale relazione è pubblicata nelle Memorie di detto Istituto, t. V, an X

- (1801-1802). Un brano di detto rapporto, tolto dal manoscritto già posseduto dall'illustre fisico, fu pubblicato dal nob. avv. cav. Zanino Volta in *Alessandro Volta a Parigi*. Milano, 1879 D. Francesco Vallardi, pp. 229-232.
- cc) "Extrait d'une lettre de Brugnatelli a Van Mons, Paris 28 brumaire an X (19 novembre 1801), sur les expériences électro-galvaniques proposées par le premier consul Bonaparte, et sur la construction d'un grande pile à chaudrons. „ In *Journal de chimie et de physique* par Van Mons, t. I (1801-1802), pp. 323-327. — Racconta delle sperienze fatte da Volta all'Istituto nazionale in presenza del primo Console.
- "Extrait d'un lettre du même a Van Mons, Paris 3 frimaire an X (23 novembre 1801), sur une correction faite à la pile portative de Volta. „ *Ibid.* t. I, pp. 327-329. — Riguarda alcuni miglioramenti indicati da Volta a Dumotiez, costruttore di macchine fisiche, per rendere più efficaci le pile.
- dd) Nell'opera: *Histoire du galvanisme et analyse de différens ouvrages publiés sur cette découverte, depuis son origine jusqu'à ce jour*, par P. Sue, aîné. Paris an X (1802) chez Bernard, divisa in due parti, trovansi estratti di lettere e riassunti delle teorie di Volta riflettenti il galvanismo o l'elettricità animale, e trovansi inoltre le testimonianze dei più illustri personaggi stranieri contemporanei di Volta, essere questi il primo de' fisici in Italia, il più grande elettricista del secolo.
- ee) "Osservazioni ed esperienze fatte colla pila di Volta sulla produzione dell'acido muriatico ossigenato, esposte in una lettera dall'ab. Angelo Bellani di Monza al signor consigliere-consulatore Moscati, direttore generale della pubblica istruzione „ In *Effemeridi chimico-mediche per servire di continuazione all'Effemeridi fisico-mediche dell'anno 1804*. Milano 1806 presso Agnello Nobile, semestre I, t. II, 3-33.
- "Analisi delle acque che hanno subito l'azione della pila di Volta, di Paolo Sangiorgio prof. di chimica. „ *Ibid.* t. II, 171-205.
- ff) "Annalen der Physik, herausgegeben von Ludwig Wilhelm Gilbert, professor der Physik und Chemie zu Halle „. Vol. XIX (Halle, 1805). — Vi si parla di un viaggio fatto verso il 1804 in Italia dal sig. dott. Castberg, e fra l'altro della visita che costui fece in Como al celebre Volta, il quale gli mostrò i lavori cui stava attendendo; di una gita sul lago, delle misure di profondità e gradi di temperatura del lago medesimo, citando appunto gli studi in proposito fatti dal Volta (V. il n. 224). — Questa citazione mi fu gentilmente procurata dal geografo sig. Giovanni De Agostini.
- gg) Le teorie e scoperte voltiane si trovano largamente esposte nelle opere seguenti:
Physikalisches Wörterbuch oder Versuch einer Erklärung der vornehmsten Begriffe und Kunstwörter der Naturlehre mit kurzen Nachrichten von der Geschichte der Erfindungen und Beschreibungen der Werkzeuge begleitet, ecc., del dott. I. S. T. Gehler. Lipsia, 1787-1791. Tomi 5 in 8.^o
Dictionnaire raisonné de physique, di I. Brisson. Parigi, Anno VIII, tip. d'André, 2.^a edizione. Volumi 2 in 4.^o.
Traité expérimental de l'électricité et du magnétisme, di Antonio Cesare Becquerel (n. 1788, m. 1878). Parigi, 1834-1840, 1.^a edizione; 1855-1856, 2.^a edizione.
Résumé de l'histoire de l'électricité et du magnétisme, dello stesso autore. Parigi, 1858.
- hh) Il "Giornale dell'italiana letteratura „ compilato da una Società di letterati italiani sotto la direzione ed a spese delli signori Niccolò e Girolamo Da Rio (Padova, t. XVIII, 1807, fasc. di settembre, pp. 249-267) porta un estratto della memoria *Sopra la grandine*, di cui al n.^o 187.

RICERCHE PETROGRAFICHE E GEOLOGICHE SULLA VALSESIA

MEMORIA
di E. ARTINI e G. MELZI

letta nella seduta 15 marzo 1900.



INTRODUZIONE.

L'area da noi studiata comprende il bacino della Sesia, ad eccezione della parte inferiore di esso, la valle della Strona, e la porzione occidentale del bacino del lago d'Orta. Come limite inferiore della nostra regione abbiamo preso la linea tracciata dal crinale che separa la Val Grande della Sesia da quella della Sessera, già appartenente al Biellese, e da quello che limita a nord le valli della Strona di Valduggia e dell'Agogna, dividendole dalla valle principale e da quella del Pellino. Vi abbiamo compreso la valle della Strona di Campello e la sponda sinistra del lago d'Orta perchè quivi si continuano regolarmente le formazioni che attraversano la Val Sesia, e tali regioni formano con quest'ultima, dal punto di vista geologico, un solo complesso, arrivando fino al limite meridionale dell'Ossola, recentemente studiata dall'ing. G. B. Traverso sotto il punto di vista petrografico come geologico. Abbiamo invece creduto conveniente di escludere dal nostro studio la porzione inferiore del bacino della Sesia, arrestando le nostre ricerche alla grande massa granitica che attraversa la valle in direzione di S. O.-N. E., perchè le formazioni che affiorano al di sotto di essa sono già abbastanza note dal punto di vista geologico e stratigrafico, nelle formazioni fossilifere, per le accurate ricerche del Parona (1) e del dott. Rasetti (2), come dal punto di vista petrografico, in quanto riguarda i graniti, per la importante e recente memoria dello Strüver (3).

La parte superiore e mediana del bacino idrografico della Sesia consta di tre vallate principali, e cioè la Val Grande, la Val Piccola o Val Sermenza e la Val Mastellone.

La prima, percorsa dal fiume Sesia, che raccoglie le acque provenienti dai ghiacciai di Bors, delle Piode, delle Vigne e della Flua, nel versante S. E. del Monte Rosa, scende con andamento molto irregolare, ma con direzione complessiva verso S. E. Nella sua porzione superiore numerose vallate secondarie ne incidono il fianco destro. Sono: la Valle

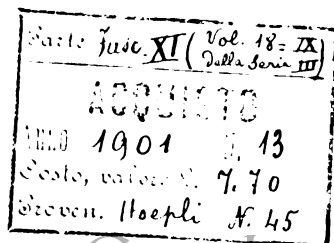
(1) C. F. PARONA. *Valsesia e Lago d'Orta*. Atti Soc. ital. sc. nat. Vol. 29, 1886.

(2) G. E. RASETTI. *Il monte Fenera di Val-*

sesia. — Bollett. Società geolog. ital. Vol. 16, 1897.

(3) G. STRÜVER. Contrib. allo studio dei graniti della bassa Valsesia. — Atti Acc. Lincei, 1890.

Publ. 1900 = Milano



d'Olen e la Val d'Otro, che hanno entrambe un decorso assai breve; quindi la Val Vogna, la Valle Artogna e la Val Sorba, divisa questa in due rami principali; mentre più in basso le convalli di destra per l'avvicinarsi del crinale alla linea della valle principale diventano brevi, con forte pendenza.

La Val Piccola, con andamento grossolanamente parallelo a quello della Val Grande, viene a congiungersi con quest'ultima presso Balmuccia, e porta alla Sesia le acque del torrente Sermenza. Si divide a nord di Rimasco in due rami, quello di Rima e quello di Carcoforo, ricevendo più in basso altre convalli di minore importanza.

La Val Mastallone, percorsa dal torrente omonimo, si divide pure nella sua porzione superiore in due valli secondarie, quella di Rimella e quella che per Fobello conduce al circo di Baranca. Scarse e brevissime le valli tributarie del versante destro, mentre il sinistro è inciso da tre vallate, pressochè parallele tra loro: la Valbella, la Val Sabbiola e la Val Bagnola, divisa quest'ultima in due rami, dei quali il sinistro, quello del Nono, scende da Camasco.

Al di sotto della confluenza col Mastallone i principali affluenti della Sesia sono: a sinistra il Rio della Crosa e il Pascone; a destra la Duggia che sbocca a Locarno.

Un'altra valle interessa, come sappiamo, la regione da noi presa in esame, benchè estranea al bacino della Sesia: è la Valle Strona, la quale scendendo dal monte Capezzone, con andamento molto uniforme, diretta da O. N. O. a E. S. E. si mantiene unica per tutto il suo decorso e viene a metter capo ad Omegna, versando poi le sue acque nel Toce insieme a quelle dell'emissario del lago d'Orta.

Crediamo poterci esonerare dal dare una più particolareggiata descrizione orografica ed idrografica della nostra regione, rimandando a quella, accuratissima, del Parona, il quale rese più completo il suo cenno descrittivo facendo rilevare i rapporti esistenti fra la fisiologia delle valli od i particolari orografici delle montagne e la natura delle rocce che le costituiscono.

Dopo aver percorso in vari sensi questa vasta regione, raccogliendovi molti dati stratigrafici, abbiamo dovuto riconoscere la impossibilità di determinare su queste sole basi, e sull'esame macroscopico delle rocce, il valore cronologico assoluto delle diverse formazioni; e le difficoltà spesso grandissime che si opporrebbero al geologo, il quale volesse stabilirne anche solamente la cronologia relativa. Alla mancanza di orizzonti fossiliferi finora conosciuti, o di formazioni aventi posizione sicura nella serie geologica, si aggiunge qui la presenza di una potente fascia di rocce eruttive, la quale, attraversando la Valsesia fra le due principali formazioni scistose cristalline, ne rende incerti i limiti, ne disturba e ne complica l'andamento stratigrafico, e ne maschera i reciproci rapporti.

D'altra parte la geologia della Valsesia fu già argomento di studio al Gerlach, il quale ne trattò diffusamente e magistralmente nella sua classica opera sulle Alpi Pennine (4), e più tardi al Parona (5); mentre le ricerche petrografiche, delle quali oggi il geologo non può fare a meno nello studio dei terreni cristallini, sono fino ad ora scarse e senza assieme. A queste ultime quindi abbiamo voluto dare speciale importanza, persuasi

(4) H. GERLACH. *Die Penninischen Alpen*. Beiträge zur geologischen Karte der Schweiz, XXVII. Bern, 1883.

(5) Loc. cit.

che, in questa come in molte altre regioni dell'area alpina, la petrografia soltanto può, se non risolverne senz'altro la complicata stratigrafia, almeno offrire un valido appoggio e fornire dei dati di fatto che necessariamente dovettero sfuggire in gran parte ai precedenti osservatori.

Nell'ordinamento del nostro lavoro premettiamo quindi lo studio petrografico; tenteremo da ultimo una breve rassegna geologica, nella quale ci asterremo da qualunque ipotesi troppo ardita, dando la massima importanza alla semplice esposizione dei fatti. Per quanto possa questa disposizione sembrare diversa dal consueto, noi la crediamo logica ed opportuna per affermare che le conclusioni geologiche da noi esposte sono fondate contemporaneamente sui dati rilevati sul terreno, e sui risultati dello studio petrografico.

BIBLIOGRAFIA GEOLOGICA E PETROGRAFICA.

- 1784-85. ROBILANT (DE) N. — *Essai géographique suivi d'une topographie souterraine*, ecc. Con carta mineralogica del Piemonte. Mém. de l'Ac. des sc. de Turin.
1796. SAUSSURE (DE) — *Voyages dans les Alpes*. Genève.
- 1792-1800. NAPIONE-GALLEANI. — *Observations lithologiques et chimiques sur une espèce singulière de marbre primitif*. Mém. de l'Ac. R. des sc. de Turin. T. VI.
1824. AMORETTI C. — *Viaggio da Milano ai tre Laghi*. Milano.
1824. WELDEN (v.) L. — *Der M. Rosa; eine topographische und naturhistorische Skizze*. Wien.
1838. SISMONDA A. — *Osservazioni mineralogiche e geologiche per servire alla formazione della carta geologica del Piemonte*. Mem. Acc. sc. Torino, ser. 2, II.
1846. STUDER B. — *Mémoire géologique sur la masse des montagnes entre la route du Simplon et celle du St. Gothard*. Mém. Soc. géol. de France, VII.
1848. SISMONDA A. — *Notizie e schiarimenti sulla costituzione delle Alpi piemontesi*. Mem. Ac. sc. Torino, ser. 2, IX.
1851. STUDER B. — *Geologie der Schweiz*. Berlin.
1852. — — *Sur la carte géologique de la Suisse*. Genève.
1853. SISMONDA A. — *Carta geologica degli Stati di S. M. il Re di Sardegna in terra ferma*. Torino.
1853. SCHLAGINTWEIT A. — *Sur la structure orogénique et géologique du M. Rose*. Bull. Soc. géol. de France, X.
1854. — — *Granit und Gneiss in den Alpen*. Leipzig.
1858. PARETO L. — *Sur les terrains du pied des Alpes dans les environs du Lac Majeur et du Lac de Lugano*. Bull. Soc. géol. de France, XVI.
1859. ZULKOWSKY K. — *Ueber die chemische Zusammensetzung eines Glimmerschiefers vom M. Rosa*. Sitzb. d. Wien. Akad. d. Wissensch. XXXIV.
1862. SISMONDA A. — *Carta geologica di Savoia, Piemonte e Liguria*. Torino.
1864. SCHLAGINTWEIT A. — *Sulla struttura del gruppo del M. Rosa*. Torino.
1865. DESOR E. — *Sur la disposition des massifs cristallins des Alpes*. Bull. Soc. géol. de France, XXII.
1866. SCHEERER TH. — *Ueber die chemische Constitution der Plutonite*. Freiberg.
1869. CALDERINI P. — *La Torre di Buccioleto*. Boll. C. A. I. 4°.
1869. GIORDANO F. — *Escursioni dal 1866 al 1868*. Boll. C. A. I. 3°.
1869. GERLACH U. — *Die Penninischen Alpen*. Neue Denkschriften der allgemeinen schweizerischen Gesellschaft, Zürich.

1871. GASTALDI G. — *Studi geologici sulle Alpi occidentali*. Mem. del R. Comit. geol. d'Italia, I.
1871. STRÜVER G. — *Cenni sui graniti massicci delle Alpi piemontesi, e sui minerali delle Valli di Lanzo*. Boll. Com. geol. d'Italia, I.
1872. GASTALDI G. — *Cenni sulla costituzione geologica del Piemonte*. Boll. Comit. geol. d'Italia.
1874. — — *Studi geologici sulle Alpi occidentali*. Parte II. Mem. Comit. geol. d'Italia.
1874. TSCHERMAK G. — *Eisennickelkies aus dem Sesia-Thale*. Mineral. u. petrogr. Mitth.
1877. COSSA A. — *Sulla natura delle rocce che racchiudono i depositi di pirrotina nichelifera di Campello Monti*. Trans. R. Acc. Lincei.
1877. STELZNER A. — *Feldspathfreie Gesteine aus dem Sesia-Thale*. Z. D. G. Gesellsch. XXVIII.
1880. SPREAFICO E. — *Osservazioni geologiche nei dintorni del Lago d'Orta e Valle Sesia*. Atti Soc. ital. sc. natur.
1880. PARONA C. F. — *Appunti geologici sul bacino del Lago d'Orta*. Soc. archeol. novarese.
1881. COSSA A. — *Ricerche chimiche e microscopiche su rocce e minerali d'Italia*. Torino.
1883. GERLACH H. — *Die Penninischen Alpen*. Ristampa, con carta geol. 1: 100.000 nei Beiträge zur geologischen Karte der Schweiz, XXVII. Bern.
1883. PARONA C. F. — *Nota geologica sulla Valle Strona*. Rivista alpina ital.
1884. ZOPPETTI V. — *Sulle miniere aurifere di Alagna (Valsesia)*. Relaz. sul serv. min. nel 1882. Roma.
1884. BARETTI M. e SACCO F. — *Il Margozzolo; studio geologico*. Boll. C. A. I. 18°.
1885. TARAMELLI T. — *Note geologiche sul bacino idrografico del fiume Ticino*. Boll. Soc. geol. ital. IV. Roma.
1886. PARONA C. F. — *Valsesia e Lago d'Orta*. Atti Soc. ital. di sc. nat. Milano.
1887. ZACCAGNA D. — *Sulla geologia delle Alpi occidentali (con carta geologica)*. Boll. Com. geol. d'Italia.
1889. R. UFFICIO GEOLOGICO. — *Carta geologica d'Italia 1: 1.000.000*. Roma.
1890. STRÜVER G. — *Contribuzioni allo studio dei graniti della bassa Valsesia*. Atti Acc. Lincei.
1891. DIENER C. — *Die Gebirgsbau der West-Alpen*. Wien.
1892. STRÜVER G. — *Sui minerali del granito di Alzo*. Rendic. R. Acc. dei Lincei.
1892. TRAVERSO S. — *Cenni preliminari sulla serie di rocce antiche in Val d'Ossola*. Atti Soc. ligust. di sc. natur. Genova.
1893. SANSONI F. — *Sulla serpentina d'Oira e sopra alcune rocce ad essa associate*. Giorn. di min. IV.
1894. BERTRAND M. — *Études dans les Alpes Françaises*. Bull. Soc. géolog. de France, 3^e série, XXII.
1895. TRAVERSO S. — *Geologia dell'Ossola*. Genova.
1896. HAUG E. — *Études sur la tectonique des Alpes suisses*. Bull. Soc. géolog. de France, 3^e série, XXIV.
1895. ARTINI E. e MELZI G. — *Sulla lherzolite di Balmuccia in Val Sesia*. Rendic. Acc. dei Lincei.
1897. SALOMON W. — *Ueber Alter, Lagerungsform, und Entstehungsart der periadriatischen granitischkörnigen Massen*. Tsch. min. u. petr. Mitth. XVII.
1897. DE AGOSTINI G. — *Il Lago d'Orta (con carta geologica per C. F. Parona)*. Torino.
1898. SCHAEFFER R. W. — *Der basische Gesteinszug von Ivrea im Gebiet des Mastallone-Thales*. Tsch. min. u. petr. Mitth. XVII.
1899. NOVARESE V. — *Le Alpi piemontesi*. Memorie della Soc. geografica ital. Vol. IX. Roma.

PARTE PETROGRAFICA.

Per lo studio petrografico divideremo le rocce della regione in cinque grandi gruppi, corrispondenti alle cinque principali formazioni nelle quali è modellato il bacino medio e superiore della Sesia. Convinti che l'introdurre nomi nuovi, anche se più opportuni di quelli usati da precedenti osservatori, ingeneri necessariamente confusione e oscurità, noi ci atterremo, per quanto è possibile, ai nomi già adottati dal Gerlach e dal Parona. Indicheremo quindi questi cinque gruppi nel modo seguente:

- 1.º *Gneiss della Strona* (con appendice sui graniti).
- 2.º *Rocce massicce pirossenico-anfiboliche*.
- 3.º *Gneiss della Sesia* (inclusi gli scisti di Rimella e Fobello).
- 4.º *Pietre verdi* propriamente dette.
- 5.º *Gneiss del M. Rosa*.

Nell'ordine di successione dei vari gruppi seguiremo una disposizione puramente geografica, secondo il loro regolare succedersi dal basso all'alto della regione. Nei singoli gruppi poi introdurremo delle suddivisioni basate, salvo casi eccezionali, sopra criteri esclusivamente petrografici.

I. - Gneiss Strona.

Riuniamo sotto questo nome un complesso di gneiss e di micascisti alternanti con banchi di calcifiri o strati di varia potenza costituiti da rocce scistose basiche, pirosseniche od anfiboliche, attraversati da filoni e vene di granito e di pegmatite; i quali sono esclusivamente sviluppati nella porzione orientale della nostra regione, occupando un'area limitata ad E. e a S. E. dal Lago d'Orta e dalla massa granitica che attraversa la bassa Valsesia, a O. a N. O. dalla grande zona delle rocce eruttive basiche che corre in direzione da S. S. O. a N. N. E.

Le rocce gneissiche e scistose che formano la parte fondamentale di questo complesso sono abbastanza variate: ma per il loro aspetto e per la loro composizione petrografica, in modo particolare per il costante predominio della mica bruna, come per gli stretti rapporti di giacitura, e per i numerosi e graduati passaggi che le ravvicinano, presentano tali caratteri di analogia da giustificare la loro fusione in un unico grande gruppo. Tut-

tavia è opportuno trarre partito dalle differenze strutturali e mineralogiche per dividerle in sottogruppi, che descriveremo separatamente. Sono questi:

- | | |
|---------------------------------------|---------------------------------------|
| A. — Micascisti a sillimanite. | II. — Gneiss dioritici. |
| B. — Gneiss granulari biotitici. | I. — Gneiss pirossenico-anfibolici. |
| C. — Gneiss a due niche. | L. — Gneiss minuti tormaliniferi. |
| D. — Gneiss pellicolari a microclino. | M. — Anfiboliti. |
| E. — Gneiss minuti biotitici. | N. — Rocce oliviniche e serpentinose. |
| F. — Gneiss ghiandolari anfibolici. | O. — Calcifiri. |
| G. — Granuliti pirosseniche. | |

A. — Micascisti a sillimanite.

È questa la forma più tipica e più costante tra tutte quelle che appartengono al gneiss-Strona: essa occupa la porzione O.N.O. di questa formazione, descrivendovi una zona la quale attraversa la Valle Strona nel tratto compreso tra la Madonna dell'Oropa sotto Forno e Loreglia; e scendendo in direzione di S.S.O. si assottiglia leggermente, e viene a tagliare la valle principale della Sesia tra Varallo e Roccapietra. La forma di micascisto alterna sovente con gneiss granulari dioritici e con anfiboliti, e comprende numerosi e spesso potenti banchi di calcifiro, i quali ne costituiscono una caratteristica, poi che non appaiono altrove, in tutta l'area occupata dal gneiss della Strona.

La struttura scistosa è molto pronunciata, a superfici per lo più ondulate. La mica è distribuita irregolarmente e, come di consueto nei micascisti, riunita di preferenza in certi straterelli, alternanti con altri, in cui predominano gli elementi chiari della roccia. La biotite è molto abbondante, e il suo predominio sulla mica bianca è riconoscibile facilmente al solo esame macroscopico; il colore bruno-violaceo intenso che la sua abbondanza impartisce alla roccia costituisce per questa il carattere più appariscente. Non di rado un attento esame permette di riconoscere ad occhio nudo sui piani di scistosità la presenza di fascetti bianchi, raggiati, coi caratteri della sillimanite. Il granato è pure spesso visibile in grossi cristalli.

La biotite anche al microscopio si mostra uno dei componenti essenziali della roccia. È quasi sempre fresca, con colore carico e pleocroismo intenso dal giallo pallidissimo al bruno rossastro. Lamelle di sfaldatura esaminate al polariscopio si rivelano quasi completamente uniassiche. Le lamine di biotite hanno per lo più dimensioni alquanto estese, e non di rado presentano bellissimi esempi di struttura di implicazione col quarzo: struttura alla quale piuttosto che di micropegmatitica s'addice il nome di micropoichilitica per la mancanza di isorientazione nei granuletti e nelle plaghette allungate e vermiformi o arrotondate e goccioliformi di quarzo che si insinuano in uno stesso individuo micaceo. Un fenomeno di questo genere, se è frequente fra minerali d'altra natura, è, per quanto ci consta, raro ad osservare tra il quarzo e la biotite. Nei casi, rari, in cui questa sia profondamente alterata, essa è sostituita da *clorite*, verde pallida, con pleocroismo insignificante e birifrazione estremamente debole; in casi assai più comuni, l'alterazione è meno progredita, e si limita ad un impallidimento del minerale, con produzione dei ben noti aghetti di rutilo disposti in rete a maglie triangolari. Sono frequentemente inclusi nella biotite cristallini di zircone, circondati da un'aureola più intensamente colorata.

La *muscovite* è in lamelle anche molto sviluppate, coi caratteri ordinari di questo minerale. Spesso si presenta in concrescimento parallelo con la biotite: talora è essa pure implicata col quarzo micropoichiliticamente.

Assai rimarchevole è la *sillimanite*, abbondante sempre, talora quanto la biotite e anche più. Essa si presenta sotto l'aspetto di prismi esili e molto allungati, sciolti o fascicolati, o più spesso in aggregati minutamente fibrosi, contorti e in varia guisa divergenti o intrecciati. È perfettamente incolore, con birifrangenza piuttosto forte e allungamento positivo. Nelle sezioni perpendicolari all'allungamento i più grossi individui mostrano distintamente le tracce di sfaldatura parallela alla {100}. La sillimanite è inclusa in tutti gli elementi della roccia; in certe plaghe è così strettamente associata alla biotite che i limiti dei due minerali ne riescono incerti e questi quasi sfumano uno nell'altro.

Il *quarzo* si presenta sia in plaghe abbastanza estese, e irregolarmente disposte nella roccia, risultanti generalmente dalla riunione di pochi individui cristallini discretamente sviluppati, con proprietà ottiche normali e con relativa scarsità di quelle estinzioni ondulate che sono così caratteristiche del quarzo degli scisti cristallini; sia in aggregati a mosaico formati di più minuti granuli. Come abbiamo già notato, il quarzo presenta frequenti esempi di accrescimento micropoichilitico colla biotite e con la muscovite: un'analogha associazione si osserva tra quarzo e plagioclasio; però molto spesso parecchi granuli vicini di quarzo estinguono contemporaneamente, così che la roccia presenta tutti i passaggi tra la implicazione poichilitica e la micropegmatitica propriamente detta. — Nel quarzo si notano numerose e minutissime inclusioni fluide, soventi con libella mobile, ordinate in serie sinuose, e sottili aghetti, probabilmente di rutilo, disposti secondo tre sistemi di linee incrociantsi a 120°. Anche la sillimanite vi si trova spesso e abbondantemente inclusa.

Il *plagioclasio* è piuttosto scarso, ma generalmente ben conservato. La misura degli angoli di estinzione nella zona normale a {010} dà una inclinazione massima di 15°. Parecchie determinazioni secondo il metodo di Becke, sia ad assi paralleli che ad assi incrociati, danno risultati oscillanti tra quelli degli oligoclasii basici e quelli dell'andesina acida.

Confronti col balsamo, eseguiti su numerose sezioni, danno gli schemi

$$\begin{aligned} \alpha' &= n & \gamma' &> n \\ \text{o, più spesso,} & & & \\ \alpha' &> n & \gamma' &> n; \end{aligned}$$

e siccome da confronti tra il balsamo e il quarzo risulta sempre

$$\epsilon' > n \quad \omega > n;$$

cioè $n < 1.544$ e verosimilmente poco superiore a 1.540, ne risulta che il nostro plagioclasio è ordinariamente *andesina acida*.

Ortoclasio si osserva pure in plaghe discrete, ma sempre assai scarso; controllammo sempre la determinazione mediante confronto col balsamo:

$$\alpha' < n \quad \gamma' < n.$$

Il *granato*, come al solito localizzato in certi punti, è perfettamente incolore in sezione sottile. Non è limitato da facce cristalline riconoscibili, e contiene inclusioni spesso copiose di quarzo, biotite, sillimanite. Frequente è una forma lenticolare, più o meno schiacciata, con le dimensioni massime parallele al piano di scistosità della roccia; talvolta numerose di queste ghiandolette si trovano allineate, e modellate dalla mica che si inflette per abbracciarle. Un'alterazione in clorite squamosa si osserva talvolta, ma scarsa.

Zircone nei soliti cristallini ben definiti; *apatite* in prismi che possono presentare anche dimensioni relativamente notevoli; *magnetite* o, parè, più spesso *ilmenite*, scheletriformi o lamellari, l'ultima talora translucida ai margini delle sottili scaglie, con tinta bruno-vioacea, costituiscono gli accessori più diffusi; assai raro il *rutilo*.

B. — Gneiss granulari biotitici.

I. *Forme normali.* — Le rocce che raggruppiamo sotto questa denominazione si distinguono dai micascisti precedenti, coi quali hanno strettissimi rapporti di giacitura, per la mancanza della sillimanite, e più chiaramente ancora per la loro struttura meno decisamente scistosa, quasi granuloso-arenacea nei campioni più tipici.

La *biotite*, sempre abbondante, presenta caratteri ottici perfettamente eguali a quelli accennati per la biotite del micascisto. Le sue sezioni però sono generalmente meno estese; qualche volta hanno contorni curvi e sinuosi, ma nettissimi e punto sfrangiati. Si notano anche inclusi nel quarzo piccoli individui di biotite affatto arrotondati, coll'aspetto di gocce, i quali rammentano quelli descritti da vari autori come caratteristici delle formazioni di contatto, benchè in proporzione molto minore per quantità. Rare le alterazioni con scolorimento del minerale e trasformazione in prodotti cloritici; mancano gli accrescimenti tra la biotite e il quarzo.

La *mica bianca* è rara, o più spesso sembra mancare affatto nei campioni freschi.

Il feldspato è per la massima parte *plagioclasio*. Numerosi confronti col quarzo diedero nella grande maggioranza dei casi gli schemi seguenti:

$$A_1 = 0 \quad A_2 > 0 \quad \delta_1 > 0 \quad \delta_2 < 0.$$

L'angolo d'estinzione nella zona simmetrica fu trovato raggiungere un massimo di 16°. Si tratta quindi di *andesina acida*.

Oltre alla legge dell'albite si osservano anche quelle del periclino e di Carlsbad, ma raramente. La forma dei granuli è per lo più equidimensionale, e scarsi sono i fenomeni dovuti al dinamometamorfismo.

In un solo campione proveniente da un sottile interstrato tra micascisto e calcifiro lungo la strada Varallo-Civiasco, notammo la presenza di un plagioclasio molto più basico, e precisamente labradorite. Ma anche la complessiva composizione della roccia è alquanto anormale, perchè contiene zoisite e titanite in numerosi granuletti.

L'*ortoclasio* e il *microclino* sono presenti soltanto in piccola quantità e non in tutte le sezioni esaminate.

Il *quarzo*, d'ordinario in quantità inferiore al plagioclasio, è in plaghette a granuli di dimensioni medie e discretamente costanti, qualche volta con estinzioni ondulate. Vi si notano, come nel quarzo dei micascisti, serie sinuose di inclusioni fluide, e di pori a gas, molto più raramente anche aghetti di rutilo. Le inclusioni di biotite furono già accennate più sopra.

Il *granato* è molto diffuso, ma irregolarmente, in cristallini rombododecaedrici, piuttosto piccoli e freschi; particolarmente abbondante lo trovammo in alcuni campioni delle vicinanze di Crevola, sulla destra della Sesia.

Apatite e *zirconio* sono frequenti come accessori. Pirrotite e ossidi di ferro si osservano pure in varia proporzione.

Come ancora appartenenti a questo gruppo possono pure essere considerate alcune forme di gneiss che si osservano presso Varallo e in Val Vazzosa, alternanti coi veri gneiss granulari e col micascisto, tra le quali due forme essi appunto segnano una specie di termine di passaggio per la struttura più marcatamente scistosa e per la presenza della sil-

limanite. I minerali che li compongono hanno del resto i soliti caratteri: il plagioclasio è ancora una *andesina acida*.

II. *Forme a cordierite*. — In appendice alle forme normali del gneiss granulare biotitico possono qui esser descritte alcune rocce distinte per un contenuto notevole in cordierite. Tutte queste rocce si osservano ad immediata vicinanza con la massa eruttiva basica, là dove questa è rappresentata dalle dioriti; questo fatto, insieme alla mancanza assoluta e costante della cordierite nelle forme normali di tutto il gneiss Strona, e alle particolarità di struttura di alcuni tipi più caratteristici, ci fa ritenere essere dovuta la presenza della cordierite precisamente all'azione metamorfosante delle masse eruttive: trattarsi cioè di gneiss cordieritici di contatto.

a) — Come tipo di questi gneiss può essere preso il gneiss granulare che nella valle del torrente Bagnola, a poca distanza dalla località detta il Molinaccio, viene a diretto contatto colle rocce eruttive dioritiche.

La *cordierite* è in sezioni piuttosto larghe e fresche, senza traccia di contorni cristallini; le sfaldature secondo {010} sono appena accennate e interrotte; è invece abbastanza marcato un sistema di fessure, curve, approssimativamente perpendicolari all'asse verticale. Lungo queste fessure si nota un principio di alterazione, con produzione di una sostanza finamente squamosa, di natura pinitica. Il minerale è sempre incolore perfettamente in sezione sottile; a luce convergente esso si mostra biassico; una sezione casualmente parallela a {010} lasciò riconoscere l'emergenza della bisettrice ottusa, positiva. Tutte le sezioni che presentano sfaldature o che in altro modo lasciano riconoscere la direzione dell'asse verticale si mostrano sempre otticamente negative nella direzione di tale asse. Inclusioni di sillimanite non sono molto frequenti; più comuni quelle di biotite, in laminette, anche irregolari, a contorni sfrangiati. Non son rare neppure le inclusioni di zircone, circondate dalla ben nota aureola policroica, dal giallo carico all'incolore, specialmente nelle sezioni || alla zona prismatica verticale.

Il *plagioclasio* è in larghi individui, perfettamente limpidi, con lamelle di geminazione secondo l'albite numerose e nettissime. L'estinzione di lamelle geminate secondo l'albite nella zona simmetrica raggiunge un valore massimo di 16°, corrispondente ad un termine acido dell'andesina. Feldispati più acidi non abbiamo constatato.

Il *quarzo* è discretamente abbondante, in plaghe regolari, generalmente senza deformazioni meccaniche molto energiche.

La *sillimanite* non è scarsa e si trova inclusa in tutti gli elementi della roccia. Tra questi inoltre va annoverato il *granato*, in cristallini rosei, incolore in sezione, piuttosto piccoli e regolari.

La *biotite*, fresca, di color bruno rossastro cupo, costituisce pure uno degli elementi accessori.

L'*apatite* e gli *ossidi di ferro* affatto accessori.

b) — Non molto diverso, ma a tessitura alquanto più minuta, e di colore più decisamente rossiccio per la copia del granato, è un gneiss granulare che si osserva lungo la pendice meridionale del Sacro Monte, immediatamente presso al contatto con la massa eruttiva dioritica.

La *cordierite* vi è frequente, in plaghe per lo più irregolari, o lievemente allungate secondo *z*. Il minerale è piuttosto fresco, d'ordinario incolore e limpidissimo: ma lungo le screpolature si nota la solita alterazione con prodotti d'alterazione squamosi, o, meglio, fibrillari: le fibrille prodotte dalla alterazione sono disposte per lo più tutte parallelamente

all'asse verticale della cordierite e spesso in essa lungamente penetranti secondo tal direzione. Le inclusioni più frequenti sono le biotitiche, talvolta anche a contorni arrotondati; se ne osservano pure di *zirconio*, con distintissime aureole policriche.

Il feldspato sembra essere completamente, o quasi, *plagioclasio*: la presenza dell'ortoclasio è dubbia, e in ogni modo esso non sarebbe che un elemento accessorio. *Andesina acida* è per la più gran parte il plagioclasio, che non supera una estinzione simmetrica di 20° , e confrontato col balsamo lascia riconoscere che $\alpha' > n$ $\gamma' > n$, essendo n circa $= \omega$ del quarzo; pare che in minor quantità sia presente anche qualche termine più acido, e precisamente fino all'oligoclasio basico, ma è esclusa la presenza di plagioclasii nei quali $\gamma < n$.

Quarzo si trova in discreta copia nella roccia, particolarmente in plaghette di piccole dimensioni frammiste al feldspato.

Il *granato* è abbondante, e regolarmente distribuito; i suoi individui, di medie dimensioni, di forma irregolare, sono pieni di lacune e vani riempiti il più spesso dalla biotite, ma anche da plagioclasio o cordierite; pure la magnetite e la pirrotina vi sono contenuti come inclusioni.

L'elemento micaceo è rappresentato esclusivamente dalla *biotite*, in abbondanti lamelle e squame del solito color bruno. La sua disposizione è per lo più abbastanza irregolare.

Scarsa invece la *sillimanite*, in prismetti piuttosto grossi; accessori: *magnetite*, *pirrotina*, *zirconio*.

c) — La località dove i fenomeni di metamorfismo di contatto sono più evidenti e caratteristici è la cava di S. Giovanni, poco lungi da Varallo, sulla strada della Val Grande. Qui uno scavo che dura da tempo, allo scopo di preparare petrisco per le strade postali, ha messo a nudo un contatto netto e fresco tra la massa dioritica e la scistosa, questa evidentemente sottostante e ricoperta dalla prima. Immediatamente presso al contatto si osservano forme gneissiche molto compatte, tenacissime, di color grigio rossiccio zonato di grigio e di verdognolo, con un aspetto tutto particolare, diverso da ogni forma normale del gneiss Strona.

Al microscopio si constata infatti che si tratta di una vera roccia di contatto a cordierite, in cui questo minerale è così abbondante da superare spesso tutti gli altri per quantità. Vi vi associano poi granato, plagioclasio, quarzo, biotite, sillimanite, spinello, magnetite, zirconio.

La *cordierite* è, come fu detto, l'elemento più copiosamente rappresentato, e certe plaghe della roccia sono costituite esclusivamente da questo minerale, con alquanto granato. In queste plaghe più nettamente si riconosce la sua struttura, a granuli equidimensionali, costituenti in sezione una specie di mosaico regolare ed evidentissimo. Qua e là si trovano però sempre anche individui di maggiori dimensioni, d'ordinario un poco allungati secondo l'asse verticale. Questa cordierite è limpida e incolore in sezione; se alterata, ciò che non è raro, si trasforma nei soliti aggregati squamosi, molto birifrangenti, pinitici; del resto è un'eccezione che almeno lungo le screpolature o ai margini dei singoli granuli non si osservino tracce di questa alterazione. Frequenti e caratteristiche le aureole intorno agli zirconii inclusi. La geminazione secondo {110} è veramente frequente, ma si limita per lo più a dare gruppi di due soli individui; rarissimi sono i gruppi trigemini, a penetrazione sempre imperfetta.

Come inclusioni vi sono specialmente frequenti piccoli granuli di ossidi di ferro, a contorni spesso arrotondati; vi si associa lo spinello verde, in granuletti o cristallini; fre-

quente pure, ma non mai abbondante, la sillimanite nei soliti prismetti o fasci irregolari; lo zirconio fu già citato. Inoltre, in taluni esemplari dove il mosaico è più regolare e caratteristico, e scarseggiano assai tutti gli altri elementi, si nota nella cordierite un reticolato abbastanza fitto di inclusioni con tutto l'aspetto di un vetro grigio quasi completamente devitrificato. In questi stessi campioni, il margine dei singoli granuli è sottolineato da una specie di bordatura grigia che lo rende più evidente, e consta non tanto di prodotti d'alterazione della cordierite quanto da un feltro di sottilissimi aghetti di sillimanite. La biotite è scarsa tra le inclusioni, e sempre associata ai fasci di sillimanite.

Il *plagioclasio* presenta anche qui valori massimi di estinzione prossimi a 14° ; confrontato col balsamo si vede che sempre $\alpha' > n$; si tratta dunque, al solito, di andesina acida. Le sue sezioni sono più piccole e più regolari nelle plaghe ricche di cordierite, dove il mosaico poligonale è più tipico; hanno dimensioni più irregolari dove esso è frammisto al quarzo. Questo è pure molto comune, ma di irregolare diffusione; i suoi individui presentano ordinariamente dimensioni maggiori di quelli dei due precedenti elementi. Al mosaico cordieritico esso non si trova frammisto che raramente, e in esigua quantità. Invece frequentemente misto alla cordierite è il *granato*, che si trova anche inglobato nel mosaico, ma non incluso nei singoli granuli di cordierite; viceversa questa, in piccoli granuli rotondeggianti costituisce una delle inclusioni più frequenti nel granato; questo include inoltre frequentemente spinello e magnetite. La *sillimanite* in prismi scheletriformi, o ad astuccio, ovvero in fascetti di fibrille, si osserva disseminata dovunque, più frequentemente accanto alla cordierite, e associata sempre alla *biotite*, la quale però è alquanto più largamente diffusa, in squamette e lamelle piuttosto piccole e in generale disposte irregolarmente.

Quanto allo spinello, verde, e appartenente alla varietà *pleonasto*, esso è un elemento accessorio, però molto diffuso sotto forma di piccoli granuletti, o anche netti cristallini ottaedrici, inclusi nella cordierite e nel granato; nella prima esso forma anche sciami di parecchi granuli grossetti ravvicinati. Eccezionalmente l'abbiamo osservato incluso anche nei più grossi individui di sillimanite.

La *magnetite* è abbastanza largamente rappresentata, e si trova inclusa in tutti gli altri elementi; molto più scarsa la *pirrotina*, e anche più scarso lo *zirconio*.

C. — Gneiss a due miche.

Descriviamo con questo nome parecchi campioni raccolti sopra e sotto Quarna, presso Arola, e lungo la via tra Arola e Cesara, a contatto o a poca distanza dalle masse granitiche della Colma e di Quarna; sono rocce che pur mantenendo una struttura minutamente granuloso-scistosa si distinguono dai tipi prima descritti per la presenza della mica bianca in notevole quantità.

La *biotite* è in lamelle poco estese, allungate in sezione, spesso sfrangiate, e non di rado alterate con trasformazione completa in prodotti cloritici. Si osserva anche inclusa nel quarzo sotto forma di piccolissime sezioni arrotondate.

La *muscovite* è di poco subordinata per quantità alla precedente, in lamine isolate o riunite in straterelli e aggruppamenti di lamine. Frequenti le inclusioni di quarzo, spesso copiose e presentanti l'aspetto di un vero concrecimento micropoichilitico tra i due minerali. Questo fatto non si verifica mai per la biotite.

Quarzo molto abbondante, in granuli discretamente equidimensionali, unito al feldspato in una miscela granulare a mosaico, resa evidente, anche a luce naturale, da una sottile bordatura bruno-gialla di ossidi di ferro.

L'ortoclasio è assai scarso: abbondante invece il plagioclasio, d'ordinario geminato secondo la sola legge dell'albite; raramente vi si osserva associata quella di Karlsbad. Confronti col quarzo danno:

$$A_1 < 0 \quad A_2 < 0 \quad \delta_1 > 0 \quad \delta_2 < 0.$$

Confronti col balsamo:

$$\alpha' = n \quad \gamma' > n.$$

I risultati sono quindi oscillanti tra quelli dell'oligoclasio acido e quelli del basico. L'estinzione, nella massima parte delle sezioni, non supera una inclinazione massima di 5° — 6° . In un geminato doppio Albite-Karlsbad potremmo determinare con sufficiente esattezza

$$b = + 4^\circ \quad c = - 2^\circ.$$

Si tratta quindi di oligoclasio basico.

Lo zirconio è frequente nei soliti piccoli cristallini; scarsa l'apatite, e ancora più scarsa la tormalina.

I gneiss a due miche non costituiscono una zona continua come le altre forme litologiche del gneiss Strona, ma appaiono qua e là, saltuariamente, sempre a contatto coi graniti. Le azioni di contatto prodotte nei gneiss in generale al contatto colle masse granitiche sono ancora troppo poco note, e la loro esposizione troppo soggetta all'effetto delle idee preconcepite, varie secondo gli autori e la scuola, perchè noi osiamo affermare qualche cosa di reciso in proposito a questi gneiss.

Tuttavia il loro costante ed esclusivo ritrovarsi in prossimità del granito, la presenza abbondante della muscovite, la struttura micropoichilitica di questa col quarzo, come pure l'analogia di queste forme con alcune delle Coste della Suggia a micropoichilite plagioclasico-quarzosa, trovate in analoga giacitura, non ci permettono di tacere che esse producono a noi l'impressione di aver subito un metamorfismo di contatto per opera del granito, e forse, nel caso speciale, particolarmente per via di processi pneumatolitici: la presenza della tormalina, benchè scarsa, ha in questo senso una importanza notevole, vista la sua assenza completa nelle forme normali.

D. — Gneiss pellicolari a microclino.

I. Questo tipo gneissico, per la sua posizione geografica, è compreso tra la zona di prevalente sviluppo dei micascisti associati ai gneiss granulari e quella dei gneiss minuti ed anfibolici del lago d'Orta; esso occupa cioè, approssimativamente, l'allineamento: Nonio-Brolo-Germagno.

La roccia ha tinta chiara, struttura scistosa parallela molto marcata, qualche volta un poco *flaserig* e ghiandolare, e risulta da un'alternanza di straterelli bianchi quarzoso-feldspatici e di altri più sottili, quasi pellicole, neri o bruni, dove predomina la *biotite*.

Questa, quando è fresca, ha caratteri affatto normali: altre volte è però alterata, e in tal caso si può spesso vedere il suo colore passare per tutte le gradazioni dal bruno ori-

ginario fino a un verdolino chiaro quasi incolore. Questo nuovo prodotto non può tuttavia prendersi per clorite, poi che mantiene una energica birifrazione; l'angolo degli assi ottici è poi discretamente aperto, intorno ad una bisettrice acuta, negativa, sensibilmente normale alla sfaldatura. Laminette staccate lasciano spesso riconoscere tutti gli stadi di passaggio dalla biotite bruna uniassica o quasi, fino a questa mica bianco-verdognola biassica. Si tratta evidentemente di una trasformazione in *muscovite*; questa è d'altra parte molto subordinata come minerale originario, nel quale caso manca di quella tinta verde pallida che è caratteristica dell'altra di origine secondaria.

La miscela quarzoso-feldspatica è data in grandissima parte da *quarzo* e *microclino* in proporzioni quasi eguali.

Il secondo, irregolarmente sparso e riunito a preferenza in straterelli e lenticelle, forma individui generalmente di limitato sviluppo. Esso presenta caratteristica la struttura quadrigliata ed i suoi indici di rifrazione sono sempre inferiori ai due principali del quarzo, e a quello del balsamo. Non mostra traccia di accrescimento peritico; contiene invece spesso numerose e minutissime squamette incolore con forte potere rifrangente, birifrazione marcata, e tracce di disposizione regolare: esse son probabilmente da riferire a *muscovite*. Sono pure notevoli certe sottili venuzze quarzose che si insinuano tra i diversi individui di microclino, formandone quasi la rilegatura.

L'*ortoclasio* pare esista pure talvolta, con caratteri normali, ma scarso e subordinato.

Del pari poco abbondante è un *plagioclasio sodico-calcico*, in granuli poco sviluppati: per i valori massimi dell'estinzione nella zona simmetrica, valori che non superano 7°, esso va riferito ad un *oligoclasio*; anche col metodo di Becke si ottengono risultati oscillanti tra:

$$\begin{array}{llll} \omega > \alpha' & \epsilon > \gamma' & \omega = \gamma' & \epsilon > \alpha' \\ \text{e} & & & \\ \omega = \alpha' & \epsilon > \gamma' & \omega < \gamma' & \epsilon > \alpha' \end{array}$$

cioè tra quelli degli oligoclasii acidi e quelli dei basici.

Anche il *quarzo* segue quella ineguale distribuzione a strati e a piccole lenti che abbiain visto verificarsi per il microclino. Si notano qualche volta accenni a concrescimenti micropegmatitici coll'*ortoclasio*.

Come elementi accessori si notano sempre *zirconio* e *apatite*; non di rado anche, in piccola quantità, *granato* e *sillimanite*.

II. *Forme con andalusite*. — Alcuni campioni raccolti sotto Nonio, a considerevole distanza dalla massa granitica della Colma, ma in prossimità a filoni più o meno potenti della stessa roccia, presentano, in quantità sempre poco rilevante, l'*andalusite*. Questa è in aggregati di granuli minuti, incolore o pallidamente rosei in sezione sottile, con forte rilievo, birifrazione mediocre e tracce evidenti di sfaldatura prismatica; la direzione dell'asse verticale, segnata dalle sfaldature, ha carattere ottico negativo.

L'aspetto complessivo macroscopico e microscopico di queste rocce è affatto identico a quello dei gneiss normali sopra descritti, e nessuna particolarità di struttura sembra accennare decisamente a una vera roccia di contatto: è però probabile che la presenza dell'*andalusite* sia da attribuirsi all'effetto della vicinanza ai filoni di granito sopra accennati.

III. *Forme con cordierite*. — Notevolmente diverso per composizione e specialmente per struttura è un gneiss pellicolare che si osserva alla Canava del Vescovo, in V. Strona, a contatto immediato con un potente dicco di granito a grana minuta; in questo gneiss infatti crediamo dover ravvisare una vera roccia metamorfica di contatto.

Gli elementi componenti, in ordine di prevalenza, sono: *quarzo*, *oligoclasio basico* e *cordierite* in eguali proporzioni; *ortoclasio*, *biotite*, *muscovite*, *sillimanite*, *zircone*, *apatite*, *magnetite*.

La *cordierite* è fresca, tutt'al più con un principio della caratteristica alterazione squamosa lungo le screpolature; forma individui piuttosto grossi, irregolari per forma, e talora cariati e pieni di inclusioni; qualcuna di *zircone* presenta le ben note aureole policroiche gialle.

Sui caratteri diagnostici dei singoli minerali crediamo inutile insistere; noteremo invece la struttura microscopica della roccia, che è diversa dalla consueta e presenta tre fatti caratteristici:

a) Negli elementi incolori, particolarmente nel *quarzo* e nella *cordierite*, sono inclusi frequentemente, quantunque non in gran numero, piccoli individui a contorni arrotondati, con aspetto goccioliforme, di *biotite*; nella *cordierite*, anche di *quarzo*.

b) Irregolarmente sparsi si notano dei larghi individui, con aspetto scheletriforme, di *biotite*, la quale include gran copia di una miscela minutamente granulare quarzoso-feldspatica, presentando così nel complesso l'aspetto di una rete cribriforme irregolare, le cui maglie siano occupate da *quarzo* e *feldspato*.

c) Alcune plaghe della roccia presentano con molta evidenza una struttura pavimentosa, data da granuli di *quarzo* e *feldspato*, aventi dimensioni uniformi e limiti non già, come di consueto, sinuosi ed irregolari, ma tendenti a una forma poligonale. In queste plaghe sono frequentissime minute inclusioni di *magnetite*, che sembrano pigmentare i minerali includenti.

La presenza della *cordierite* e le tre citate particolarità nella struttura microscopica della roccia ci sembrano comprovare essere avvenuta una parziale ricristallizzazione dei suoi elementi, e giustificare il riferimento alle rocce di contatto propriamente dette.

E. — Gneiss minuti biotitici.

I. Le rocce ascritte a questo gruppo costituiscono, in unione alle anfiboliti e ai gneiss anfibolici coi quali alternano, la porzione più occidentale della regione da noi presa a considerare, vale a dire la sponda sinistra del lago d'Orta, cominciando poco sotto Omegna, fino a Ronco. Questi gneiss hanno tinta scura ed uniforme, colore bruno rossastro traente talora al violaceo; la struttura è spesso piuttosto minutamente squamoso-compatta anzichè regolarmente scistosa; un certo indefinito abito di *hornfels* vi è non di rado riconoscibile.

Gli elementi d'ordinario son minutissimi. Il *quarzo* è uno dei più abbondanti, in piccoli granuletti a contorni sinuosi od irregolari. L'*ortoclasio* è scarso assai, come pure il *microclino*.

• Abbondante invece il *plagioclasio* sodico-calcico, riferibile nella maggior parte dei casi all'*oligoclasio basico*: in certi campioni le estinzioni più elevate permettono di riconoscere un termine più basico, e precisamente un'*andesina acida*. Lo studio ottico ne è reso difficile, oltre che dalla piccolezza dei grani, anche dal frequente intorbidamento del minerale, dovuto ad incipiente alterazione. Le proporzioni degli elementi *quarzo* e *feldspato* oscillano del resto sensibilmente nei campioni provenienti da diverse località, accennando ad un passaggio tra la forma tipicamente gneissica e la micascistosa.

La *biotite*, bruno rossastra o bruno giallastra, è sempre abbondantissima, in squamette piccole, allungate, con disposizione abbastanza regolare. *Muscovite* è invece scarsissima ed

accessoria. Inoltre come affatto subordinati sono da ricordare: *apatite*, *magnetite*, *zirconio*, *titanite*.

II. Alcuni campioni raccolti presso Ronco, non lungi dal contatto con la massa granitica, presentano una struttura poco diversa dalla normale, ma sono rimarchevoli per la presenza dell'*andalusite*. Questa si presenta per lo più in piccoli granuletti incolori, senza forma cristallina, con sfaldatura prismatica evidente, e carattere ottico negativo in questa direzione: parecchi di tali granuletti si vedono spesso aggregati a formare dei piccoli cumuli.

Più raramente si osservano, nella stessa località, piccole plaghette di *cordierite*, in gran parte alterata in prodotti squamosi.

III. Assai più caratteristica è una forma da noi raccolta in val Pellino, lungo la strada tra Pella e Cesara, proprio presso il contatto col granito. L'aspetto macroscopico è il solito: la tinta forse un poco più rossastra, e la grana meno sottile. Vi è presente in grande quantità la *cordierite*, in plaghe irregolari, colle caratteristiche aureole policriche e numerosissime piccole inclusioni biotitiche; inoltre l'*andalusite*, pallidissimamente tinta, con pleocroismo dal roseo all'incolore, scheletriforme, con sfaldature evidenti, anche inclusa nella *cordierite*. La roccia ha tutta la microstruttura di un *hornfels* scistoso e va indubbiamente ritenuta metamorfica di contatto.

Una roccia assai simile, e di località prossima a quella da noi accennata, fu già raccolta dal Parona e studiata prima dal Sansoni (6) che rimase in dubbio sulla natura dei due minerali caratteristici e sul carattere di contatto della roccia; il quale fu poi posto in chiaro dal Salomon (7) con lo studio delle sezioni originali. Queste furono gentilmente comunicate anche a noi dall'egregio amico prof. Brugnattelli, ora direttore del laboratorio di Pavia, e potemmo riconoscere la perfetta esattezza della dichiarazione del dott. Salomon.

Da questo lato adunque la nostra osservazione non è che una conferma di quanto già quest'ultimo scienziato aveva riconosciuto.

IV. Lungo la sponda destra del lago d'Orta, fra Orta ed Omegna, affiorano pure dei gneiss minuti biotitici, che abbiám voluto confrontare con quelli della riva sinistra, ai quali si mostrarono molto analoghi; essi però presentano con maggiore frequenza dei termini di passaggio a tipi micascistosi, e alternano sovente con strati di veri micascisti. In questi diventa allora abbondante anche la *muscovite*, e vi si nota pure, come elemento accessorio, la *tormalina* in sottili prismetti.

Tra i campioni esaminati se ne trovarono due, uno di gneiss minuto, l'altro di micascisto, entrambi raccolti sotto Agrano, poco lungi dal contatto col grande ammasso granitico del Motterone, nei quali potemmo riconoscere l'*andalusite* scheletriforme, in plaghe abbastanza grandi e con le consuete inclusioni di biotite. In queste due rocce, e particolarmente nel micascisto, sembra che sia avvenuta una parziale ricristallizzazione, di cui, oltre alla presenza dell'*andalusite*, sono testimoni le miche e specialmente la *muscovite*, ch'è decisamente scheletriforme, come nei gneiss a due miche.

(6) Sulla *serpentina d'Oira e sopra alcune rocce ad essa associate*. Giorn. di min. crist. petr. Vol. IV, 1893.

(7) Ueber *Alter, Lagerungsform, etc.* — Tscherm. min. u. petr. Mitth. XVII, fasc. II e III.

F. — Gneiss ghiandolari anfibolici.

I. Associate ed alternanti, come dicemmo, coi gneiss minuti biotitici e con le anfiboliti, queste rocce sono esclusivamente rappresentate fra Oira e Ronco sul lago d'Orta. Non costituiscono un tipo litologico costante, essendo abbastanza varie per aspetto e per composizione; alcune forme a tessitura minuta passano a vere anfiboliti, col progressivo aumento del loro contenuto in anfibolo, mentre altre sono ricche in grossi elementi feldspatici, i quali impartiscono alla roccia un aspetto porfiroide o ghiandolare. I feldspati — ortoclasio o microclino — raggiungono qualche volta la dimensione massima di 6 cm. secondo la direzione degli assi x e z , mentre non superano 2–3 cm. nella direzione dell'asse y ; i più grossi individui hanno talora limiti cristallini ben definiti e anche, non di rado, in sezione trasversa, un aspetto zonato, dovuto a corone concentriche di inclusioni colorate.

L'*anfibolo* va riferito alla comune orneblenda verde, in sezioni allungate, irregolarmente terminate alle estremità per concrecimento con quarzo granulare; anche nell'interno delle sezioni si notano inclusioni di minuti granuletti o vermicolazioni di quarzo. Le tinte sviluppate dal pleocroismo rimangono nei toni verdi: dal verde gialliccio chiaro al verde mare. Sovente, le parti centrali si presentano più intensamente colorate della periferia, senza tuttavia che si possa osservare una vera struttura zonale.

La *biotite*, subordinata all'anfibolo, ma ancora discretamente abbondante, è in lamine irregolari; non ha quella tinta bruno-cupa rossiccia delle forme scistose prima descritte, ma piuttosto trae al verdastro o al giallastro, benchè l'alterazione del minerale sia appena avvertibile. Le aureole circondanti gli zirconcini inclusi sono energicamente marcate.

L'*ortoclasio* è assai diffuso, sia in individui poco sviluppati che in grossi cristalli, geminati spesso secondo la legge di Karlsbad.

Più abbondante ancora è però il *microclino*, con l'apparenza di essere una modificazione dinamometamorfica del precedente, cui è non di rado associato; anch'esso forma grossi individui. Lamine di sfaldatura secondo {001} lasciano riconoscere nettamente le geminazioni caratteristiche; i due sistemi estinguono simmetricamente a circa 16° dalla traccia di sfaldatura {010}; lamine secondo quest'ultima mostrano che la direzione di estinzione negativa è inclinata di circa 5° dalla traccia della base, in senso positivo.

Tra i feldspati va notato ancora, in quantità minore dei due accennati, un plagioclasio ad angoli di estinzione molto bassi (6°) che, confrontato col quarzo, diede i risultati seguenti:

$$A_1 > 0 \quad A_2 = 0 \quad \delta_1 > 0 \quad \delta_2 < 0.$$

È dunque *oligoclasio basico*.

Il *quarzo* si nota in granuli di vario sviluppo, associati ai feldspati; inoltre forma vermicolazioni nell'anfibolo, ed offre bellissimi esempi di struttura micropegmatitica col- l'ortoclasio.

La *titanite* è degna di nota per la sua frequenza e quantità; ha colore giallo rossiccio pallido: pleocroismo bene avvertibile.

Accessori sono: *epidoto*, *apatite*, *zirconio*, *ossidi di ferro*.

II. Nel gneiss anfibolico ghiandolare che affiora proprio lungo la sponda del lago, direttamente sotto Cesara, si osservano sottili interstrati notevolmente diversi dal gneiss che li comprende: son formati di una roccia grigio-verdognola a grana minuta, con struttura parallela molto marcata, qua e là granatifera.

All'esame microscopico risulta la mancanza della biotite e la presenza di un *pirosseno* monoclinico, pressochè incolore in sezione sottile, in granuli irregolari, con tracce evidenti di sfaldatura prismatica. Più abbondante è l'*anfibolo*, di colore verde, piuttosto pallido. Tra i feldspati sono presenti l'*ortoclasio*, il *microclino*, e un plagioclasio sodico-calcico con inclinazione massima dell'estinzione = 17°. Tali valori possono lasciare in dubbio tra l'andesina e l'albite; confronti col balsamo danno:

$$\alpha' > n \quad \gamma' > n.$$

Qualche confronto col quarzo diede pure

$$A_1 = 0 \quad A_2 > 0.$$

Pare dunque esclusa l'albite ed accertato che il minerale è *andesina*.

I feldspati non hanno mai del resto le dimensioni rilevanti e l'aspetto idiomorfo che presentano nei gneiss ghiandolari: sono in granuli irregolari, anche deformati meccanicamente, formanti una miscela col *quarzo*: questo si trova spesso in goccioline incluso nell'*anfibolo*.

La *titanite* è abbondantemente disseminata in tutta la roccia; il *granato* è pure frequente, in grossi cristalli, cariati, con abbondanti inclusioni di tutti gli altri elementi della roccia, in forma di granuli tondeggianti. *Apatite*, *zircone*, *pirite*, *calcopirite* sono accessori.

G. — Granuliti pirosseniche.

Le rocce che qui descriviamo, come pure quelle che appartengono ai tre gruppi successivi, non occupano, come quelle finora descritte, un posto determinato nella serie del gneiss Strona, ma appaiono solo come sottili interstrati, alternanti colle forme dominanti, specialmente nell'area occupata dalla fascia micascistosa.

Le granuliti hanno aspetto compatto, struttura granulare minuta, poco o punto scistosa, ma zonato-parallela, per la distribuzione ineguale e stratiforme dei loro elementi. Il colore d'insieme ne è grigio, variabile dal grigio verdognolo chiaro fino al grigio cupo.

I. *Granuliti pirosseniche propriamente dette*. — Si trovano in banchi poco potenti e in straterelli alternanti col micascisto sillimanitico, sopra Locarno, allo sbocco della valle Vazzosa, presso Crevola Sesia e alla Madonna dell'Oropa in val Strona, sempre vicino cioè al confine occidentale di questa formazione, presso le rocce eruttive basiche.

Il *pirosseno* è trimetrico: talvolta è debolmente colorato in gialliccio, con pleocroismo poco avvertibile, così che sembra dover essere riferito alla *bronzite*; altre volte ha tinta più intensa e pleocroismo marcato anche in sezione sottile:

a = rossiccio chiaro.

b = gialliccio

c = verde pallido.

Dalle sezioni parallele a {010} emerge una bisettrice positiva (l'ottusa). Il minerale è dunque *ipersteno*. Sfaldature prismatiche distintissime; meno evidenti e interrotte le tracce della sfaldatura pinacoidale; nelle sezioni parallele all'asse c la direzione di questo, ch'è per lo più direzione d'allungamento, è otticamente positiva.

Il *pirosseno* è ordinariamente fresco; in qualche caso però presenta perifericamente un principio di alterazione con paramorfosi actinolitica. I granuli sono piccoli, irregolari, angolosi, in miscela granulare cogli elementi quarzoso-feldspatici della roccia, e disposti in

modo che spesso parecchi di essi, anche non adjacenti, hanno la stessa orientazione ottica, e compajono come parti di un solo individuo.

Tra gli elementi incolori domina in complesso il plagioclasio, il quale insieme al pirosseno forma degli straterelli poverissimi di quarzo, alternanti con altri nei quali questo minerale è prevalente. Valore massimo dell'estinzione nella zona simmetrica = 47° . Confronti col quarzo danno:

$$\omega < \alpha' \quad \varepsilon < \gamma' \quad \omega < \gamma' \quad \varepsilon < \alpha'.$$

In un geminato doppio albite-Karlsbad tagliato normalmente a {010} ottenemmo:

$$b = + 46^\circ \quad e = - 29^\circ.$$

Questi risultati non sono compatibili che con la *anortite*. Rare volte il feldspato si mostra alterato localmente, con produzione di squamette di mica bianca e granuletti di zoisite.

Il *quarzo*, in individui granulari, spesso allungati, ha di rado dimensioni assai maggiori di quelle degli altri elementi. È piuttosto povero di inclusioni, tra le quali predominano minuti pori a gas disposti in serie sinuose, ma nel loro complesso abbastanza costantemente perpendicolari alla direzione degli straterelli, cioè alla scistosità della roccia. Esso si osserva anche, con aspetto di granelli minuti e arrotondati, incluso nelle sezioni feldspatiche.

Affatto accessori sono: *anfibolo*, *magnetite*, *apatite*, *pirrotite*.

II. *Granuliti pirossenico-anfiboliche*. — Col progressivo aumento del contenuto in anfibolo, che dalle condizioni di minerale affatto accessorio viene ad occupare nella roccia un posto non meno importante di quello del pirosseno, fino a prevalere alquanto sopra quest'ultimo, si passa ad un altro tipo di rocce che abbiamo distinto col nome di *granuliti pirossenico-anfiboliche*. Queste rocce, che macroscopicamente non differiscono in nulla da quelle del sottogruppo precedente, si trovano in banchi poco potenti compresi nel mica-scisto lungo la via tra Crevola e Locarno, come pure tra il Sacro Monte e Verzimo, poco lungi da Varallo.

Il *pirosseno* è trimetrico ancora, e in generale più prossimo all'enstatite che all'ipersteno: è frequentemente alterato, con produzione di actinolite fibrosa e di una sostanza minutamente squamosa, con vivace birifrazione, da ascriversi probabilmente al *talco*. Gli individui sono generalmente minuti; non mancano però grossi cristalli con inclusioni di magnetite e facule anfiboliche. Più raramente vi si notano quelle inclusioni brune, probabilmente di ilmenite, che sono così comuni e caratteristiche nei pirosseni trimetrici.

L'*anfibolo* è di due varietà. In certi campioni è unicamente rappresentato da una orneblenda bruno-verdastra con caratteri normali e pleocroismo dal giallo bruniccio pallido al bruno verdastro. In altri invece si nota un accrescimento perfettamente regolare e parallelo tra un'orneblenda verde che forma il nucleo centrale dei granuli e un anfibolo pressochè incoloro o debolmente gialliccio in sezione, che ne forma la zona periferica. Il distacco tra i due anfiboli è reso evidente tra i nicols incrociati dal fatto che mentre le parti chiare presentano numerose ed evidenti lamelle di geminazione multipla secondo {100}, tale geminazione non si osserva mai nella orneblenda centrale. Per l'esame ottico degli anfiboli sono assai opportune le sezioni parallele a {010}. Queste si riconoscono perchè le tracce di sfaldatura secondo le due coppie di facce di {110} vi sono parallele tra loro e parallele alle tracce di geminazione {100}; mentre l'estinzione dei due individui geminati avviene simmetricamente da una parte e dall'altra della sutura. Abbiamo così potuto con-

statare che nel piano di simmetria la direzione dell'asse di minima elasticità ottica fa nella orneblenda centrale un angolo di circa 13° con l'asse verticale: quest'angolo è invece di circa 18° nell'anfibolo chiaro.

Plagioclasio. Nella zona simmetrica le due direzioni otticamente negative delle lamelle geminate secondo l'albite includono tra loro un angolo massimo di 104° . In sezioni a contatto col quarzo, e opportunamente orientate, la linea del Becke, alzando il tubo del microscopio, entra costantemente nel plagioclasio. In un geminato doppio albite-Karlsbad, prendendo $b = \frac{a+c}{2}$ ed $e = \frac{d+f}{2}$ ottenemmo i valori:

$$\begin{array}{cccccc} a & b & c & d & e & f \\ + 39 & + 38 \frac{1}{2} & + 38^\circ & - 31^\circ & - 32^\circ & - 33^\circ. \end{array}$$

I risultati ottenuti coi diversi metodi coincidono perfettamente e permettono di riferire anche in queste granuliti il plagioclasio alla *anortite*.

Le plaghe di questo minerale hanno spesso notevole sviluppo, e vi sono numerosissime le minute inclusioni quarzose arrotondate in modo da impartire alle sezioni un aspetto bucherellato.

Il *quarzo* si presenta anche qui in granuli di dimensioni assai variabili, preferibilmente accumulati in lenticelle e straterelli.

La *biotite* è scarsa assai; accessori sono inoltre: *apatite*, *magnetite*, *zirconio*.

H. — Gneiss dioritici.

I rapporti dei gneiss dioritici colle rocce micascistoso-gneissiche appartenenti alla zona del gneiss-Strona sono affatto eguali a quelli che con le stesse rocce presentano le granuliti testè descritte: essi vi sono cioè compresi in banchi e strati di poca potenza, e limitati all'orizzonte del micascisto.

I. Nella loro forma più tipica, quale è quella che mostrano parecchi campioni provenienti dalle immediate vicinanze di Varallo, di Crevola, di Roccapietra e di Loreglia in Val Strona, queste rocce hanno colore molto oscuro e struttura quasi granulare, ma con scistosità per lo più abbastanza distinta, dovuta specialmente alla biotite, localizzata spesso in straterelli e pellicole.

Fra gli elementi colorati della roccia predominano l'*anfibolo* e la *biotite*, in varie porzioni, ma in complesso con prevalenza del primo. È questo una orneblenda verde bruna con pleocroismo che va dal giallo verdiccio al verde oliva. Forma individui piuttosto estesi, senza contorni cristallini, anzi a limiti irregolari, con frequenti inclusioni di apatite, titanite e magnetite. Più raro è il caso in cui questo minerale, pur conservando immutati gli altri suoi caratteri, presenti un pleocroismo dal giallo verdognolo al verde mare; in questi casi l'orneblenda, oltre alle tracce sempre evidenti di sfaldatura prismatica, mostra anche altre tracce corrispondenti ad un sistema di piani di separazione perpendicolari al piano di simmetria e approssimativamente perpendicolari pure alla bisettrice positiva (ottusa). Non si tratta quindi della base, bensì del pinacoide $\{101\}$. Questo stesso fenomeno fu già osservato dal W. Cross nell'orneblenda verde della diorite di S. Brieuc e dopo di lui da G. H. Williams e da O. Mügge (8).

(8) O. MÜGGE. *Mineralogische Notizen*. N. Jahrb. für Min. etc. 1889, I, 239.

La *biotite*, molto inegualmente distribuita, è in larghe lamine, poco deformate, che si vedono spesso passare traverso le più larghe plaghe di anfibolo, tagliandole nettamente.

Il *feldspato* sembra essere tutto di natura plagioclasica: nella gran maggioranza dei casi si tratta di *labradorite*, come appare dai risultati seguenti:

Inclinaz.^o mass.^a della estinz.^o nella zona $\perp$ a $\{010\} = 38^\circ$.

Col metodo Becke:

$$A_1 > 0 \quad A_2 > 0 \quad \delta_1 > 0 \quad \delta_2 > 0.$$

I geminati secondo Karlsbad sembrano mancare completamente.

Però, in un campione proveniente dalle vicinanze di Roccapietra, il plagioclasio è notevolmente più acido: l'inclinazione della estinzione arriva a un massimo di 17° ; confronti col quarzo danno:

$$A_1 = 0 \quad A_2 > 0 \quad \delta_1 > 0 \quad \delta_2 < 0.$$

Si tratta dunque di *andesina acida*.

Il *quarzo*, non scarso, oltrechè in granuli e plaghe irregolari, si osserva pure sotto forma di inclusioni granulari arrotondate, frequentissime nel plagioclasio, e non rare nella *biotite*.

Come minerali accessori vanno notati: il *granato*, in grossi cristalli sensibilmente rosei anche in sezione sottile, con aspetto spesso scheletriforme, con inclusioni di *quarzo*, *anfibolo* e *biotite*; l'*apatite*, rimarchevole per la sua relativa abbondanza; *zirconio*, *magnetite*, *pirrotina*.

Assai più raramente si osservano piccoli granuli, sprovvisti di limiti cristallini ben definiti, di un minerale intensamente pleocroico dal giallo pallido al rosso violaceo vivace, con potere rifrangente molto forte e birifrazione bassa, con aspetto complessivo corrispondente a quello di un termine della serie degli epidoti. Si nota che $\gamma' =$ giallo e $\alpha' =$ roseo violetto. Si tratta quindi secondo ogni probabilità di qualche cosa d'analogo alla *thulite*, e non di una specie di *piemontite*, ciò che del resto viene escluso anche dalla bassa birifrazione.

II. Alquanto più massiccio di aspetto è un gneiss dioritico che si osserva tra Varrallo e Locarno, presso la Sesia, nella zona di prevalente sviluppo dei calcifiri. Tutti gli elementi della roccia si presentano piuttosto alterati. La *biotite*, non molto abbondante, è scolorita e trasformata per la massima parte in *clorite*; l'*anfibolo*, non di rado geminato $\{100\}$, è di un verde piuttosto pallido, e notevole per la frequenza con cui contiene inclusioni nere, opache, allungate, disposte parallelamente all'asse verticale.

Il *plagioclasio* lascia riconoscere nel suo interno numerosissime squame di mica bianca disposte in sistemi paralleli ai piani di più facile sfaldatura. Nei pochi casi in cui l'alterazione meno avanzata lo permise, abbiamo potuto misurare estinzioni arrivanti fino a 50° nella zona normale a $\{010\}$. Gli indici di rifrazione sono sempre superiori a quelli del *quarzo*. Un geminato doppio albite-Karlsbad dà i valori

$$a = -23^\circ \quad c = -35^\circ \quad f = +47^\circ.$$

Questi diversi dati corrispondono perfettamente a quelli dell'*anortite*.

Anche in questa roccia sono frequentissime nel *feldspato* le inclusioni di *quarzo*, minerale che si osserva pure in granuli di maggiori dimensioni. Accessori sono: *magnetite* titanifera o *ilmenite*, in gran parte leucogenizzata; *apatite*.

III. Ha invece struttura più scistosa e colore verdastro piuttosto chiaro un gneiss dioritico raccolto in Valle Strona, sotto Loreglia.

L'*anfibolo*, molto abbondante, ha qui aspetto di actinoto meglio che di orneblenda; il colore n'è verde pallido, con pleocroismo relativamente poco marcato. Nelle sezioni parallele all'asse verticale la inclinazione massima della direzione d'estinzione otticamente positiva sull'asse stesso è di circa 18°. Scarsa è la *biotite*, abbastanza fresca, di color bruno gialliccio pallido. Il *quarzo*, poco abbondante, non presenta sezioni opportune al confronto del suo potere rifrangente con quello del *plagioclasio*. Questo, abbastanza fresco, ha angoli d'estinzione nella zona simmetrica che raggiungono i 25°; confrontato col balsamo, si vede chiaramente che $a > n$. Questo si verifica anche in alcune sezioni assolutamente prive di tracce di geminazione, con aspetto grossolanamente ortoclasico. Si tratta evidentemente di *andesina basica*.

Tutti gli elementi della roccia hanno contorni irregolari, di modo che ai margini avvengono numerose le reciproche compenetrazioni, segnate da capricciose dentellature.

Accessori sono: *apatite*, *pirrotite* scarsa.

IV. Poco o punto scistoso, ma piuttosto zonato, a parti più scure, nere verdastre, e parti rese più chiare da una fitta punteggiatura bianca, è un gneiss dioritico che si osserva, nell'orizzonte del micascisto sillimanitico, presso il Pozzale, allo spartiacque tra la valle di Camasco e quella della Crosa.

Gli elementi componenti sono principalmente una *orneblenda* verde-bruna, abbastanza fresca, in larghe plaghe irregolari, e un *plagioclasio*, per lo più profondamente alterato, anzi spesso completamente trasformato in una miscela di *zoisite* e *quarzo* secondari. Ma il fatto più notevole in questa roccia è la esistenza frequente di noduli più basici, nei quali al microscopio si rivela la presenza, come elemento principale, di un'*augite* verde chiara, freschissima, di aspetto, più che analogo, identico a quello solito nelle dioriti pirosseniche. Facule di orneblenda in concrescimento regolare vi sono contenute con molta frequenza, come pure è frequente trovare un anello di orneblenda che circonda l'*augite* più o meno completamente. Gli individui di *augite* sono spesso ben visibili anche ad occhio nudo, raggiungendo essi non di rado dimensioni di quasi un centimetro.

Accessori sono specialmente: *titanite*, *apatite*, *magnetite*, *pirite*; alcuni rari cristallini bruni, idiomorfi, discretamente pleocroici dal verdastro al brunastro, crediamo siano da riferirsi con ogni probabilità all'*ortite*.

V. *Gneiss dioritico a wernerite*. — Un tipo affatto anormale è quello di un gneiss dioritico, pure della Valle Strona, alternante con vere anfiboliti, e compreso nel micascisto a sillimanite poco a monte di Fontane. Il suo colore, in massa, è grigio verdastro, a zone bianche e verdi oscure alternanti.

Fra gli elementi colorati si osservano in proporzioni circa eguali il *pirosseno* e l'*anfibolo*. Quest'ultimo è una orneblenda verde molto intensamente colorata e fortemente pleocroica, in prismi allungati, nei quali dalle sezioni trasversali si riconoscono dominanti le facce del prisma {110}. Del resto per il complesso dei suoi caratteri è simile affatto all'anfibolo degli altri gneiss dioritici normali.

Il *pirosseno* è monoclinico, e contrariamente a quanto avviene dell'orneblenda, non presenta mai alcuna traccia di limiti cristallini. Nettissime son le tracce di sfaldatura prismatica, e pure chiaramente espresse, quantunque meno abbondanti, quelle dei piani di separazione {100}. Abbastanza comunemente nell'interno delle plaghe pirosseniche si notano facule anfiboliche costituite da piccoli individui di orneblenda allungati secondo l'asse verticale e disposti in modo che gli assi delle x e delle y sono paralleli nell'ospite e nell'incluso. Il colore è verdiccio pallido; qualche volta però si notano tracce di passaggio a una

tinta bruno-rossiccia; il pleocroismo è poco sensibile. Dalle sezioni perpendicolari all'asse verticale, le quali lasciano riconoscere il ben noto reticolato di tracce di sfaldatura, emerge sempre pochissimo inclinato uno degli assi ottici. Nelle sezioni parallele all'asse verticale l'inclinazione della direzione di estinzione otticamente positiva sulle tracce di sfaldatura prismatica raggiunge un massimo (sulla {010}) di 46°.

Notevolissima in questa roccia è la presenza, in quantità assai ragguardevole, della *wernerite*. È questa in granuli abbastanza grossi, a limiti cristallini non riconoscibili, con sfaldatura prismatica sempre assai evidente, birifrazione molto forte, uniassica, negativa.

Per il potere rifrangente non abbiamo potuto confrontarla che col balsamo ($n = 1.540$ circa), ottenendo

$$\omega > n \quad \varepsilon = n.$$

La *wernerite* include talvolta del plagioclasio alterato, e alla sua volta è non di rado inclusa nel medesimo.

Il *plagioclasio* è piuttosto scarso, in plaghe larghe, ma con numerose inclusioni di tutti gli altri elementi della roccia, ai quali sembra formare da cemento. Ha spesso struttura zonale, e pare abbastanza basico, come mostra il confronto col balsamo del quale è sempre molto più rifrangente: ma non permette una determinazione specifica.

Il *quarzo* è scarsissimo. Come accessori si notano: *titanite*, *zoisite*, *epidoto*, *zircrone*.

Rocce di composizione affatto analoga alla testè descritta furono osservate da Adams e Lawson, intercalate negli scisti laurenziani del Canada (9).

I. — Gneiss pirossenico-anfibolici.

Sotto questa denominazione abbiamo creduto opportuno di raccogliere parecchie rocce, piuttosto varie di aspetto e di composizione, le quali, pur facendo passaggio alle granuliti pirosseniche, ai gneiss dioritici ed alle anfiboliti, non possono rigorosamente essere ascritte a nessuno di tali gruppi, e per la maggior parte si osservano a contatto con banchi di calcifiro, coi quali hanno strette relazioni in riguardo ad alcuni del loro componenti e pel complesso dei loro caratteri.

Questo gruppo di rocce presenta una singolare analogia colle rocce del Waldviertel nella Bassa Austria descritte dal Becke sotto il nome di *Augitgneisse* (10).

I. Il pirosseno, l'anfibolo e la mica vanno annoverati fra i componenti principali di queste rocce, ma vi appaiono in condizioni molto variabili, così che non sono rari i tipi nei quali predomina uno dei tre minerali, mentre scarseggiano e quasi mancano gli altri due.

Il *pirosseno* è sempre monoclinico, incolore o appena verdiccio, in plaghe anche estese, ma a contorni irregolari.

L'*anfibolo* ha ordinariamente i caratteri dell'*actinoto*; in prismi molto allungati, verdipallidi, talvolta riuniti in accrescimento parallelo col pirosseno. In alcuni campioni raccolti a poca distanza da rocce eruttive basiche l'anfibolo ha però invece l'aspetto di orneblenda verde bruna, senza contorni cristallini: questo carattere è sempre accompagnato da una maggiore basicità dei plagioclasii.

(9) F. D. ADAMS e A. C. LAWSON. *On some Canadian rocks containing skapolite, etc.* — Can. Rec. of science. 1888, pag. 185.

(10) F. BECKE. *Die Gneissformation des niederösterreichischen Waldviertels.* — Tscherm. min. u. petr. Mitth. IV. 1882, pag. 189 e 285.

La *mica* è esclusivamente rappresentata da una biotite povera in ferro, bruno-pallida, pleocroica dal giallo chiarissimo fino al bruno rossiccio poco intenso.

L'elemento feldspatico è molto vario: accanto a rocce nelle quali l'*ortoclasio* e specialmente il *microclino* hanno deciso predominio, altre se ne osservano nelle quali il feldspato va per la massima parte riferito a un plagioclasio sodico-calcico che nei diversi campioni oscilla tra l'*andesina acida* e la *labradorite*. Molto spesso i plagioclasii, specie se di natura basica, si mostrano anche soggetti a profonda alterazione, con formazione nel loro interno di squamette di mica bianca e prismetti di *zoisite*. Questo minerale si trova anche sparso nella roccia, non di rado in proporzioni molto notevoli, con limiti cristallini ben definiti, spesso concresciuto con *epidoto*.

Il contenuto in *quarzo* varia entro limiti larghissimi, ma non sembra affatto essere in rapporto inverso con la basicità dei plagioclasii.

• Il *granato*, spesso profondamente alterato, si nota solo in talune sezioni; notevole la presenza della *calcite* in vari campioni raccolti a contatto o in vicinanza con calcifiri; molto diffusa la *titanite*; *magnetite*, *ilmenite*, *pirrotite* accessorie; rara l'*apatite*.

L. — Gneiss minuti tormaliniferi.

Qui, presso ai gneiss pirossenico-anfibolici, descriviamo una roccia che, quantunque molto diversa da quelli per composizione, si trova in identiche condizioni geologiche, cioè come un interstrato ripetutamente alternante col calcifiro, poco sotto il paesello di Strona nella valle omonima. Questa roccia, di potenza poco rilevante, così da parer quasi una modificazione locale del calcifiro, è molto compatta, a grana minutissima, di color grigio cupo, ed è caratterizzata per la comparsa abbondante di un minerale raro nel gneiss Strona, la *tormalina*. Questa compare in numerosi prismetti allungati secondo l'asse ternario, generalmente non terminati alle estremità di quest'asse da facce cristalline, e spesso rotti trasversalmente.

ϵ = giallo pallidissimo

ω = bruno cupo.

Nelle zone esterne quest'ultima tinta passa non di rado a bruno rossastro.

Tra gli altri componenti è notevole l'abbondanza di una mica di color bruno chiaro, quasi unicassica, riferibile a *flogopite*, in lamelle e lacinie disposte parallelamente al piano di scistosità.

Quarzo e *plagioclasio* formano una minuta miscela granulare, con un po' di predominio del secondo; questo sembra essere abbastanza basico, poi che nella zona simmetrica l'estinzione raggiunge 25°.

Piccoli granuli di *zoisite* sono discretamente diffusi; più abbondante ancora la *titanite*; scarsa l'*apatite*; *pirrotina* accessoria.

M. — Anfiboliti.

Riguardo alla posizione geologica le anfiboliti si possono dividere in tre sottogruppi, abbastanza naturali e ben distinti anche dal punto di vista petrografico. Essi sono:

I. Anfiboliti alternanti col micascisto a sillimanite.

II. A. ricche di feldspato, passanti a gneiss anfibolici, inserite tra i gneiss a due miche e i gn. pellicolari a microclino, particolarmente tra Arola e Cesara.

III. A. minute della sponda sinistra del lago d'Orta, comprese ed alternanti coi gneiss minuti biotitici e coi ghiandolari anfibolici.

I. Le anfiboliti interstratificate col micascisto sillimanitico presentano tutte una grandissima uniformità di aspetto e di composizione mineralogica: hanno colore grigio-verde molto scuro, con minute punteggiature e straterelli bianchi, dovuti al feldspato.

L'elemento anfibolico è esclusivamente rappresentato da una *orneblenda* verde bruna, qualche volta più decisamente verde o verde mare ai margini. Il pleocroismo ne è normale; sulle facce di sfaldatura {110} una direzione di estinzione fa angoli di $14^\circ - 15^\circ$ con lo spigolo del prisma. Geminazioni {100} sono poco frequenti.

La *biotite* è scarsa, e ordinariamente più o meno alterata in clorite tipica; lenticelle di epidoto si annidano tra le lamelle di questo minerale.

Rari sono i campioni nei quali il feldspato si presenti fresco e determinabile otticamente. In questi casi si osserva ch'esso è tutto di natura plagioclasica, geminato secondo la legge dell'albite, e più raramente secondo quella del periclino. Si tratta di *andesina basica*: infatti due lamelle adjacenti, secondo l'albite, nella zona simmetrica comprendono angoli massimi di 56° . Confronti col quarzo danno:

$$A_1 > 0 \quad A_2 > 0 \quad \delta_1 > 0 \quad \delta_2 > 0$$

Nei casi, frequentissimi, come si disse, che questo minerale sia profondamente decomposto, tra i suoi prodotti di alterazione il più abbondante e il meglio caratterizzato è la *mica bianca*, in squamette aventi dimensioni molto variabili.

Di origine secondaria sono pure la *zoisite* e l'*epidoto*, in piccoli prismi o in forma di aggregati fibrosi che riempiono venuzze e filoncelli. Il *quarzo* è assai scarso. Degna di nota la grande diffusione e talora la decisa abbondanza della *titanite*, in granuli e cristallini, qualche volta a netta sezione romba, e geminazione polisintetica. Pure frequente l'*apatite*. La *magnetite* titanifera (o *ilmenite*), sembra essere più frequente della *pirrotite*.

Alquanto diverse dalla forma tipica sopra descritta, per il loro aspetto più massiccio e per la grana più grossa, sono alcune anfiboliti che si incontrano ripetutamente alternanti col gneiss Strona lungo la linea che va dalla pendice occidentale del S. M. sopra Varallo, a Verzimo, non lungi dal contatto con la roccia eruttiva dioritica.

L'elemento di gran lunga dominante in queste rocce è una *orneblenda* decisamente bruna, in cui oltre alle tracce della ordinaria sfaldatura prismatica sono molto comuni e appariscenti quelle dei piani di scorrimento paralleli a {101}, fenomeno già da noi descritto a proposito dei gneiss dioritici.

In quantità non molto rilevante, e generalmente in concrescimento periferico con la *orneblenda* bruna, si nota pure un altro anfibolo, di aspetto un po' fibroso, sfrangiato ai margini, con pleocroismo molto intenso dal verde oliva brillante al verde mare; probabilmente di origine secondaria.

La *biotite* è scarsa, coi caratteri che presenta nelle anfiboliti tipiche.

Notevole l'aspetto presentato dal plagioclasio nei campioni nei quali il suo stato di alterazione non troppo avanzata ne permette lo studio ottico. Larghe e regolari sono le lamelle di geminazione secondo l'albite; massimo di inclinazione dell'estinzione nella zona normale a {010} = 30° . Confronti col balsamo danno

$$\alpha' > n \quad \gamma' > n.$$

Pare dunque un termine medio tra *andesina basica* e *labradorite*.

Il fatto più saliente consiste nella presenza di facule e plaghette a contorni irregolari, capricciosamente ramificate, le quali si vedono occupare parte delle sezioni di plagioclasio e vi sono distinte dalla orientazione delle loro direzioni principali di vibrazione, non coincidenti con quelle dell'ospite. In sezioni della zona normale a {010}, quando le tracce di questo piano coincidono colla sezione principale di uno dei due nicols, vale a dire quando i due sistemi di lamelle sono in posizione di eguale intensità luminosa, le plaghette del minerale incluso sono estinte. Ciò lascia supporre che si tratti o di ortoclasio in una specie di accrescimento micropertitico, o di quarzo regolarmente orientato rispetto alla {010} dell'ospite. Gli indici di rifrazione del minerale incluso sono sempre più bassi di quelli del plagioclasio includente, e questo sarebbe pure possibile nei due casi. Ma confronti col balsamo danno:

$$\alpha'(\omega) = n \quad ; \quad \gamma'(\epsilon') > n$$

Questo risultato esclude nettamente l'ortoclasio; inoltre la birifrazione del minerale in questione è almeno eguale a quella della labradorite; tracce di sfaldatura non vi si osservano mai. Questi risultati ci inducono a ritenere trattarsi di un fenomeno di *quarzificazione* del plagioclasio, analogo e forse identico a quello descritto dal Lacroix (11). La determinazione del segno ottico dimostra che l'asse ottico del quarzo è disposto perpendicolarmente alla {010} degli individui feldspatici.

Tra i prodotti d'alterazione si notano: *mica bianca*, *clorite*, *epidoto*, *zoisite*. Inoltre, come accessori, constatammo: *ilmenite*, *titanite*, *pirite*.

II. Le anfiboliti appartenenti a questo gruppo hanno struttura più granulare delle precedenti, e tinta più chiara, dovuta al maggior contenuto in feldspato. Questo è così alterato da non permettere una indagine ottica attendibile; ci sembra tuttavia di poter affermare che esso sia di natura piuttosto acida; probabilmente un termine dell'*oligoclasio*. Più scarso, ma sempre freschissimo, il *microclino* in piccole plaghe col consueto aspetto. Si hanno poi: *anfibolo* orneblenda, molto abbondante; *biotite* alterata e *quarzo*, scarsi; inoltre: *titanite*, *apatite*, *magnetite*.

III. In questo gruppo il colore è un verde-grigio molto scuro; la tessitura minutissima; il grande predominio dell'anfibolo, e soprattutto la disposizione sua coll'allungamento parallelo alla scistosità, impartiscono alla roccia una lucentezza piuttosto vivace sulle facce di separazione fresca; parallelamente alla scistosità la struttura appare spesso quasi fibrosa, a minutissime fibre intrecciate o fascicolate.

L'anfibolo è da riferirsi ad una *orneblenda* verde intensamente colorata, e pleocroica dal verde giallo pallido al verde mare cupo.

Gli individui cristallini, poco estesi, sono sempre molto allungati; spesso geminati secondo {100}. Contengono numerose e finissime inclusioni aciculari nere, disposte parallelamente all'asse verticale.

La *biotite*, discretamente fresca, è molto scarsa.

Dopo l'anfibolo, l'elemento più abbondantemente rappresentato è il *plagioclasio*, esso pure in granuli assai piccoli, e ordinariamente ben conservato. La massima inclinazione dell'estinzione sulla traccia della {010} nelle sezioni a questa normali fu constatata = 29°.

(11) A. LACROIX. *Contributions à l'étude des gneiss à pyroxène et des roches à wernérite*. — Bull. Soc. fr. de min. 1889, pag. 83.

Gli indici di rifrazione si mostrano sempre superiori a quelli del balsamo. Questi caratteri coincidono con quelli di una *andesina* basica; ma la piccolezza dei granuli, e la struttura zonale, spesso abbastanza manifesta, rendono impossibile una determinazione assolutamente sicura.

Il *quarzo* è affatto subordinato, come abbiamo potuto riconoscere colorando le sezioni dopo trattamento con HFl, secondo il metodo proposto dal Becke (12). Accessori sono: *apatite*, *magnetite*, *titanite*.

N. — Rocce oliviniche e serpentinosi. (13)

I. *Scisto olivinico-anfibolico di Chesio*. — Questa roccia forma sotto Chesio in Valle Strona un banco della potenza di poco più che una decina di metri, compreso nel mica-scisto sillimanitico. L'aspetto della massa è compatto, di color verde nerastro; la frattura fresca si vede cosparsa di fascetti intrecciati di un minerale prismatico, reso appariscente dal vivo splendore delle sue superfici di sfaldatura.

La roccia risulta dalla riunione, in proporzioni poco diverse, di tre minerali: l'olivina, un anfibolo, e una clorite.

L'*olivina* è sempre in forma di grossi granuli, a limiti irregolari, perfettamente incolore in sezione. Tracce di sfaldatura {010} sono raramente osservabili; numerosissime invece le fenditure curvilinee o irregolari attraversanti il minerale in tutti i sensi. Generalmente fresca e inalterata, la nostra olivina mostra solo qua e là, ai margini e lungo le fenditure principali, il ben noto processo di serpentinnizzazione, con abbondante secrezione di magnetite.

Ad un' *actinolite* molto debolmente colorata, in grossi prismi o fasci di prismi aggruppati in posizione parallela, che raggiungono talora 1 cm. di lunghezza per 2-3 mm. di larghezza, deve essere riferito l'elemento anfibolico. Essa è affatto incolore in sezione; energeticamente birifrangente; sulle facce di sfaldatura {110} la direzione di estinzione otticamente positiva fa circa 16° con l'asse verticale. Nei più grossi individui si osserva talvolta una zona periferica di color verde pallido, con birifrazione molto più debole. Piuttosto scarsi i geminati secondo {100}; frequente è il caso di prismi anfibolici attraversanti le larghe plaghe di olivina.

Alcune volte si può notare una incipiente alterazione dell'*actinoto*, con formazione di talco, in aggregati di minute squamette fortemente birifrangenti.

Gli interstizi tra i grossi individui di olivina e di actinolite sono occupati da un minerale squamoso o lamellare, di aspetto cloritico. Le lamelle possiedono una sfaldatura molto perfetta, manifesta specialmente nelle sezioni ad essa perpendicolari, le quali presentano talora una forma di rettangolo o di lista allungata. Il pleocroismo debolissimo, tanto più in quanto la colorazione del minerale è assai pallida, presenta per i raggi vibranti perpendicolarmente alla sfaldatura una tinta giallo-verdiccia estremamente debole; per quelli vibranti parallelamente alle tracce stesse una tinta verde mare chiara. Le direzioni di estinzione sono sensibilmente II e $\perp$ all'allungamento, che si mostra otticamente negativo. La birifrazione è piuttosto bassa, di molto superiore però a quella della comune clorite. I co-

(12) F. BECKE. *Unterscheidung von Quarz und Feldspath*, etc. — *Tscherm. min. u. petr. Mitth.* X, p. 90. XII, p. 257.

(13) Per la roccia serpentinosi di Cilimo, da noi ritenuta erratica, vedi la parte geologica.

lori di polarizzazione arrivano talvolta fino alla tinta sensibile tra il 1° e il 2° ordine, e non sono eguali per tutta l'estensione della lamina, ma decisamente più vivi dove la tinta e il pleocroismo sono più forti. Nelle sezioni da noi esaminate le plaghe di actinoto colpite parallelamente al piano di simmetria presentano come colore di interferenza il verde brillante del 3° ordine ($R = 1376$). Accettando per la birifrangenza dell'actinoto il valore $\gamma - \alpha = 0.025$, ne viene di conseguenza che la sezione ha uno spessore medio di circa 55 millesimi di millimetro. Dato tale spessore e il colore di polarizzazione più alto del nostro minerale (porpora sensibile 1° O), si calcola per il minerale stesso una birifrangenza massima $\gamma - \alpha = 0.010$. Il minerale in questione non può essere riferito ad una mica per il carattere ottico dell'allungamento, e per la birifrangenza di gran lunga troppo debole; non ad una varietà lamellare di serpentino, perchè tali varietà hanno nella direzione di allungamento segno ottico positivo; non infine ad una clorite del tipo penninite-ripidolite, perchè queste hanno sempre una birifrangenza assai più debole e segno ottico ordinariamente contrario. Non si può riferirlo che al *clinocloro*, i cui caratteri ottici corrispondono perfettamente con quelli da noi osservati.

Il *serpentino* è affatto accessorio nella roccia, e vi forma plaghe sparse qua e là, sempre però in evidente relazione genetica con la olivina.

Discretamente abbondante è la *magnetite*, per la massima parte almeno di origine secondaria. Accessoria la *pirite*.

II. *Serpentina di Oira*. — La massa serpentinoso di Oira, sul lago d'Orta, è compresa nella zona del gneiss minuto biotitico, e delle anfiboliti con esso alternanti. Nella parte centrale dell'affioramento la roccia presenta il solito aspetto di una serpentina compatta, mentre alla periferia, presso il contatto con gli scisti incassanti, essa diventa pure quasi scistosa e vi si possono distinguere prismi allungati e gruppi di cristalli anfibolici.

L'esame al microscopio di parecchi campioni rivela che alla differenza di aspetto macroscopico nelle diverse parti della massa corrisponde una diversa composizione mineralogica della roccia. Sezioni tagliate in campioni raccolti nelle cave aperte in mezzo all'affioramento si rivelano quasi esclusivamente composte di tipico serpentino: come minerali accessori si osservano: *talco* e *clinocloro*. Altri campioni, specialmente quelli provenienti dalle zone più esterne, si presentano meno alterati e mostrano all'esame microscopico numerosi avanzi dei minerali originari; talora però queste forme più cristalline alternano colle forme serpentinoso compatte, mostrando tutti i passaggi dal tipico serpentino ad uno scisto olivino-anfibolico identico a quello già descritto di Chesio in Val Strona. È a queste forme intermedie parzialmente serpentinizate che si riferiscono le descrizioni date dal Cossa (14) e dal Sansoni (15).

L'*olivina* è in granuli minuti, dei quali parecchi adiacenti mostrano, colla loro identica orientazione ottica, di appartenere ad un unico individuo cristallino. Sono rilegati da una rete di serpentino della quale essi occupano le maglie. Questo minerale, già esattamente riconosciuto dal Cossa, fu dal Sansoni erroneamente riferito ad un pirosseno, in base soltanto alla struttura del serpentino da esso derivato, nella quale l'autore credette ravvisare la *Balkenstruktur* ritenuta caratteristica dei serpentini pirossenici. Nelle sezioni da noi esaminate non abbiamo potuto trovare nessun carattere che giustificasse un ravvicina-

(14) V. PARONA. *Valsesia e lago d'Orta*, pag. 44.

(15) *Sulla serpentina di Oira e sopra alcune*

rocce ad essa associate. — *Giornale di mineralogia, crist., petr.* IV, 1893.

mento di questo minerale al pirosseno, e ci sembra che la struttura presentata dal serpentino sia precisamente quella *Maschenstruktur* che è tipica dei serpentini olivinici.

Per togliere ogni dubbio, abbiamo polverizzato in un mortajo d'Abich una discreta quantità della roccia, e nella sabbia ottenuta per levigazione e stacciatura abbiamo isolato l'olivina dai minerali più leggeri mediante la soluzione di Thoulet al massimo di concentrazione, e dalla magnetite mediante una calamita. Dopo aver constatato al microscopio che i granuli così separati constavano unicamente del minerale in questione, lo abbiamo trattato a dolce calore con acido cloridrico concentrato, ottenendone in breve tempo la completa gelatinizzazione.

L'*actinoto*, il quale quando è fresco presenta caratteri identici a quelli descritti nella roccia di Chesio, si mostra pure spesso soggetto ad una alterazione serpentinoso, meno completa in generale che quella dell'olivina. Questa alterazione procede piuttosto dai crepacci trasversali, anzichè lungo le tracce di sfaldatura; il serpentino è fibroso, colle fibre ordinate parallelamente all'asse verticale del minerale originario, e non ci sembra presentare affatto i caratteri della struttura descritta dal Weigand come tipica dei serpentini anfibolici. Somiglia piuttosto a un serpentino bastitico, ed è forse per questa ragione che altri ha creduto poter ravvisare fra i minerali originari di questa roccia oltre all'olivina anche l'ensatite. Un esame accurato eseguito sopra parecchie sezioni ci ha dato risultati negativi circa l'esistenza di minerali pirossenici, così monoclini come trimetrici.

Discretamente abbondante, e molto diffuso in alcuni campioni, è il *talco*, in individui lamellari, sfrangiati, deformati e riuniti in fasci curvi e irregolarmente disposti. Questo minerale forma spesso straterelli sottili che rivestono le fessure e i piani di separazione della roccia, impartendole una lucentezza grassa e una particolare dolcezza al tatto.

• Il *clinocloro* è distribuito nella roccia in modo molto ineguale, e per lo più aggruppato in plaghe di varia estensione.

Magnetite molto abbondante, specialmente nel serpentino olivinico, dove la si vede disposta in serie sinuose di minuti granuli, segnanti col loro andamento le maglie caratteristiche.

Pirite, scarsa.

O. — Calcifiri.

Dei calcari cristallini più o meno ricchi di minerali silicati, che a diversi livelli si osservano con tanta frequenza nella nostra regione, regolarmente interstratificati con rocce scistose di natura varia, descriviamo qui naturalmente quelli soltanto che appartengono al gneiss della Strona. Essi vi sono limitati alla zona occupata dal micascisto sillimanitico, con prevalente sviluppo nei dintorni di Varallo, verso Civiasco, e fino a Crevola e Locarno, come presso Strona e Massiola in Valle Strona. Così numerosi sono i banchi e le lenti di questa roccia, dei quali nella carta non abbiain potuto dare che un'idea affatto schematica, e così variamente e ripetutamente alternano i tipi più disparati per aspetto e per composizione, che una divisione in gruppi basati sulla loro distribuzione geografica non corrisponderebbe in alcun modo ai risultati dello studio petrografico. Crediamo meglio introdurre nella descrizione di queste rocce una divisione in gruppi basata sopra un criterio esclusivamente petrografico, avvertendo però che essi hanno un valore relativo, poi che si possono sempre osservare, anche in breve spazio, le forme mineralogicamente più diverse riunite da graduati passaggi. Resta così più difficile anche dare delle descrizioni complessive che rap-

presentino in modo concreto le proprietà generali di un gruppo: faremo quindi spesso delle descrizioni di ogni singolo tipo, cercando di renderle succinte e schematiche al più possibile.

a) CALCIFIRI AD OLIVINA.

I. Come tipo di questi può esser presa la nota roccia del Sacro Monte, già descritta, tra altri, dal Cossa nella memoria Parona.

Questo calcare, che venne per vari anni scavato in due cave situate l'una poco sopra l'altra alle falde meridionali del Sacro Monte, per farne pietra da calce, è abbastanza vario per aspetto; ma la sua varietà dipende più che altro da diversa grossezza degli elementi.

Dove questi sono più grossi, si ha una massa calcarea spatica tutta sparsa porfiricamente di noduli serpentinosi verde-chiari, e qua e là luccicante per laminette bianche o verdicce di un minerale micaceo. I tipi più compatti hanno colore d'insieme grigio verdiccio, traente al giallognolo. Come masse costitutive accessorie si notano, in quantità scarsa, grossi noduli di anfibolo actinolite, e qualche grosso individuo di granato rosso giallastro. Questi due elementi non si trovano sparsi nella massa, e non li abbiám visti figurare nelle sezioni.

Nella massa dei *carbonati romboedrici*, che presenta i soliti caratteri, con abbondanti strie di geminazione polisintetica, spiccano, perfettamente incolori in sezione, granuli arrotondati di *serpentino*, coi caratteri tipici del serpentino da *olivina*. Alcuni anzi presentano ancora numerosi avanzi del minerale originario, nei quali, non ostante le screpolature e la parziale alterazione, è facile vedere come ogni noduletto sia formato originariamente da un unico cristallo d'olivina, idiomorfo, ma a facce cristalline non riconoscibili. Assai più raramente osservammo qualche individuo, piccolo e alterato, di *pirosseno monoclinico*.

Sono pure assai comuni, ma distribuite irregolarmente, e talvolta riunite in straterelli, laminette per lo più regolari e ben formate, ma spesso curve e contorte, di quel minerale micaceo già visibile ad occhio nudo, che sembra essere stato preso per talco dagli osservatori precedenti. L'esame sul posto mostra chiaramente che il colore verdiccio o bianchiccio del minerale è secondario e dovuto ad alterazione, e anche al microscopio si può rimontare grado per grado fino al minerale originario, ch'è una *flogopite* bruno gialliccia chiara. Il pleocroismo, in sezione, è abbastanza evidente, dall'incolore al giallognolo bruniccio; la birifrazione vivissima, il carattere ottico dell'allungamento positivo; su lamine staccate si vede la figura assiale di una sostanza quasi uniassica, o almeno ad angolo degli assi ottici estremamente piccolo; la bisettrice acuta, sensibilmente normale alla lamina, è negativa. Ai margini del giacimento sembra essere più scura e passare per gradi alla biotite del mica-scisto incassante; dove è alterata, si scolora, e diventa anche, come fu detto, di un pallidissimo verdiccio: gli altri caratteri ottici restano però pressochè inalterati.

I minerali accessori si riducono a qualche granulo di *pirrotite*.

II. Molto analogo al precedente, e come questo già in passato scavato per farne calce, è un calcifiro da noi raccolto entro la valle del torrente Duggia, sopra Locarno. La mica è qui alquanto più ricca, e spesso la roccia, che ordinariamente è grigia, ne diventa decisamente grigio-rossiccia e scistosa. La grana è piuttosto minuta.

La massa calcitica è piuttosto compatta; l'*olivina* discretamente abbondante, anche come minerale fresco e inalterato; l'alterazione in *serpentino* è però sempre presente, e in taluni campioni anche molto avanzata. Il *pirosseno monoclinico* è scarso, ma in plaghe piuttosto larghe, ben determinabili per tutti i loro caratteri, e sicuramente distinguibili dalla olivina; questa vi è contenuta talvolta come inclusione in granuli tondeggianti. La

flogopite è abbondante, come fu detto, inalterata, gialliccia o quasi incolore in sezione sottile, coi soliti caratteri. *Pirrotina* accessoria.

III. Tra Quarna e il passo del Ranghetto abbiamo raccolto un calcifiro che va pure qui collocato; ha colore biancastro macchiettato di giallo chiaro, e aspetto compatto.

La *calcite*, molto copiosa, è in plaghe anche assai larghe. In questa massa calcitica sono frequentemente disseminate plaghette di un minerale con polarizzazione d'aggregato, e coi caratteri del tipico *serpentino*. Al margine di tali plaghe si nota un largo orlo formato da una sostanza bianca a luce riflessa e quasi opaca per trasparenza, minutamente granulare, diffusa pure in minor quantità nella massa serpentinoso, e che non sapremmo interpretare altrimenti che per *leucoxeno*. Il minerale originario, i cui resti compaiono sovente nell'interno delle maglie serpentinoso, ha nella massima parte dei casi tutti i caratteri dell'*olivina* normale. Taluni granuli però, anche in sezione sottile, hanno colore decisamente giallo, e presentano pleocroismo intenso dal giallo pallidissimo al giallo d'oro vivo. Si potrebbe perciò dubitare che si trattasse originariamente non di olivina, ma di un minerale del gruppo delle humiti. La mancanza di ogni forma cristallina e la esigua quantità del minerale impediscono una distinzione sicura: ma il fatto dell'assenza d'ogni geminazione e il largo bordo leucoxenico ci persuadono trattarsi invece di *titanolivina*, le cui proprietà coincidono appunto (16) con quelle del nostro minerale; mentre le parti incolore sarebbero semplicemente spettanti ad olivina poco titanifera.

La *flogopite* è comune, pallidissima in sezione, in squamette piuttosto piccole.

IV. Anche nel grande fascio calcareo di Massiola trovammo un tipo analogo ai precedenti; l'aspetto della roccia diversifica poco da quello dell'ultima descritta, salvo la grana alquanto più grossa e qualche straterello ricco di mica. La *calcite* è in individui del solito aspetto, anche di notevoli dimensioni. L'*olivina*, molto abbondante, è quasi incolore, senza traccia di forma cristallina, generalmente fresca e inalterata. Spesso parecchi granuli di essa, separati da plaghe calcitiche, si mostrano isorientati, presentando un aspetto quasi pegmatitico. In qualche punto l'*olivina* presenta delle chiazze di colore giallo e pleocroismo intenso, analoghe a quelle di titanolivina della roccia precedente, ma meno caratteristiche. Il *pirosseno* monoclinico, con distinte sfaldature e forte inclinazione d'estinzione, è pure presente in quantità assai minore. La *flogopite* è in laminette nettissime, disposte regolarmente, pallidissima sempre; dove il colore è più sensibile diventa distinto il pleocroismo; l'angolo degli assi ottici fu trovato pressochè eguale a zero. *Pirrotina* accessoria, in granuli anche grossetti.

Un fenomeno certamente secondario, e non privo di un certo interesse, è dato da un sistema di screpolature alquanto sinuose, ma nel loro complesso grossolanamente parallele tra loro e normali alla scistosità della roccia, che traversano tutti gli elementi di questa, e sono marcate ai margini da numerose e minutissime inclusioni nerastre, opache, che nella *calcite* sono molto evidenti, causa il distacco di tinta, anche dove la incrinatura sia poco o punto visibile; questa è sempre più larga e distinta nell'*olivina*, dove è accompagnata spesso da un principio di serpentinizzazione del minerale.

b) CALCIFIRI PIROSSENICO-ANFIBOLICI.

I. Presso Strona. Roccia a grana media, di tinta uniforme, grigio-gialliccia chiarissima. La *calcite* è in plaghe larghe e regolari; larghe e numerose pure le strie di geminazione. Dopo di questa, il minerale più abbondante è il *pirosseno* monoclinico, in plaghe irre-

(16) A. LACROIX. *Sur les propriétés optiques du titanolivine*. — Bull. de la Soc. de minér. XIII, p. 15.

golari, di dimensioni variabili, anche in granuletti molto piccoli, evidenti sfaldature prismatiche, perfettamente incoloro (diopside). L'*anfibolo*, anch'esso incoloro in sezione sottile, in individui generalmente allungati secondo l'asse verticale, a contorni cristallini nettissimi, visibili specialmente nelle sezioni normali alla zona verticale, e dati dalle forme {110}, {100}, quest'ultima con notevole sviluppo. Tali lunghi prismi di anfibolo si osservano spesso piantati nelle plaghe di pirosseno, che attraversano da parte a parte. Si osserva pure abbastanza abbondante un feldspato coi caratteri dell'*ortoclasio*, come pure granuli di *microclino*. Il *quarzo* è scarsissimo e affatto accessorio. La *titanite*, in granuli bruno-rossicci, qualche volta un po' torbida, generalmente senza contorni cristallini, è abbastanza frequente. Accessorio più importante la *pirrotite*, anche in lamelle nettamente esagonali.

II. Sotto Strona. Roccia con aspetto saccaroide molto distinto: colore grigio giallognolo chiaro. I componenti sono: *Calcite* predominante. *Pirosseno* monoclinico debolmente verdiccio colla consueta sfaldatura prismatica, e tracce di piani di separazione {100}; ha inclusioni di titanite assai frequenti; qua e là anche qualche facula anfibolica. *Anfibolo*, actinolite, di un colore verdiccio pure pallidissimo, in prismi, al solito, allungati, e un poco schiacciati secondo {100}. *Flogopite* gialla bruniccia pallida, nettamente pleocroica, qualche volta con un principio di alterazione. *Quarzo* scarso. *Plagioclasio*, anche più scarso, con strie di geminazione irregolari e mal definite, non determinabile specificamente. Abbastanza abbondante invece la *zoisite*, in larghi individui, pieni di minute inclusioni quarzose; anche i prismetti di actinoto si trovano spesso piantati nella *zoisite*. *Titanite*, marcatamente pleocroica, piuttosto abbondante. *Pirrotite* accessoria, un poco ossidata superficialmente.

III. Sotto Parone, in faccia a Gambararo. Roccia grigio-verdognola chiara, a grana variabile dalla media alla grossa. Essa consta prevalentemente di *calcite* in plaghe piuttosto larghe ed uniformi, a contorni arrotondati, colle solite tracce di sfaldatura e consueta geminazione. Vi stanno sparsi i minerali seguenti, in ordine di abbondanza decrescente: Un *pirosseno* monoclinico, con tinta verdognola, quasi incolora, con molte evidenti tracce di separazione secondo {100}, e carattere di *diallagio*. *Anfibolo*, piuttosto scarso, con tinta verde sempre avvertibile anche in sezione; in parte è actinoto che pare di origine secondaria; qualche volta nell'interno di queste plaghe anfiboliche secondarie è conservata qualche porzione del minerale pirossenico originario. Il *feldspato* è completamente alterato, con produzione di numerose squamette di mica bianca, e formazione abbondante in tutta la roccia di plaghe, spesso con tracce di contorni cristallini e di estensione non trascurabile, riferibili a *zoisite*. Le tracce di sfaldatura vi sono evidenti; forte il rilievo, nessuna colorazione a luce naturale, coi caratteristici bellissimi colori, azzurro e verdastro cupissimi, per interferenza a nicols incrociati. *Quarzo*, molto scarso, anch'esso di origine secondaria. Molto diffusa la *titanite*, nelle tipiche sezioni rombe, con evidenti tracce di sfaldatura, colore chiaro e pleocroismo debole. In un solo punto osservammo una masserella fibroso-raggiata, coll'aspetto di una piccolissima cavità riempita per secrezione, di un minerale con debole potere rifrangente, birifrangenza piuttosto forte, allungamento negativo, perfettamente incoloro; si tratta molto probabilmente di una *zeolite*. Scarsa la *pirrotite*.

IV. Un altro campione, raccolto sopra la Chiesa Vecchia di Crevola, presenta aspetto macroscopico quasi identico a quello del precedente; venuzze di un grigio alquanto più scuro traversano la roccia in varie direzioni. Dopo la *calcite* che ha l'aspetto già descritto, gli elementi predominanti sono il *pirosseno* monoclinico, l'*anfibolo* e la *zoisite*. Questa è in granuli o grossi cristalli non di raro zonati, e spesso con evidenti tracce di geminazione. Un *plagioclasio* con lamelle di geminazione sottili e irregolarmente distribuite, dai valori

piuttosto forti della inclinazione delle estinzioni, parrebbe essere piuttosto basico: ma non è determinabile esattamente. *Flogopite* rara; accessorie *titanite* e *pirrotite*. È notevole in questa roccia un fenomeno che vedremo più tipicamente espresso in altri calcifiri: cioè un'azione di generale cataclasi, per cui gli elementi sono spesso frantumati, con allontanamento delle parti e insinuazione di calcite nelle fessure; l'alterazione chimica sembra, al contrario, essere affatto insignificante.

V. Un altro calcifiro che qui può essere descritto abbiamo raccolto sulle dirute pareti del M. Tovo, tra Varallo e Civiasco: ha colore grigio chiaro, a zone alternate di intensità diversa; grana piuttosto minuta. La *calcite* è meno copiosa e meno regolarmente distribuita che nei calcifiri precedenti, col consueto aspetto. Il *microclino* è abbondante, specialmente in certe plaghe; limpido, fresco, incolore, in granuli di media estensione, poverissimi di inclusioni, tra le quali si notano minutissimi granuletti di *titanite* e *quarzo*. Il *pirosseno* è, al solito, monoclini, non molto abbondante, in plaghe sempre irregolari. Più abbondante l'*anfibolo*, limpidissimo, di un colore verde appena percettibile, in cristalli {110} {100}, con notevole sviluppo di quest'ultima, i quali si vedono attraversare parecchie plaghe contigue di minerali diversi, talora interrompendosi al contatto d'una di esse per riprendere al di là di essa con la primitiva direzione. Scarsi *quarzo* e *zoisite*; questa si osserva solo in certe parti della roccia, sembra derivare da alterazione di un plagioclasio, ed è associata non di rado a squamette di *mica bianca*. *Titanite*, *pirrotite* accessorie, quest'ultima molto diffusa, anche con tracce di forma cristallina.

VI. Un calcifiro raccolto sotto Parone, quasi in riva alla Sesia, ha aspetto macroscopico pochissimo diverso da quello del precedente. La *calcite* è prevalente, al solito. Il *pirosseno* monoclini è pure abbondante, in plaghe a contorni irregolari, qualche volta con numerose e sottili lamelle di geminazione polisintetica {100}. L'*anfibolo*, pure importante, ha colore verdiccio pallidissimo, e il solito aspetto prismatico. *Zoisite* meno abbondante, in plaghette tipiche, talvolta con nucleo lievemente verdiccio. *Plagioclasio* scarso, mal definito, spesso alterato, anche con produzione di *mica bianca*: in alcune sezioni meglio conservate pare si possano riconoscere estinzioni labradoritiche. *Ortoclasio*, *microclino* e *quarzo* sono scarsi. *Titanite* diffusa nei soliti granuletti, con pleocroismo eccezionalmente intenso, dal quasi incolore al bruno rossiccio. Qualche squametta di *flogopite*. *Pirrotite* piuttosto diffusa.

c) CALCIFIRI A ZOISITE.

La *zoisite*, presente come accessorio in parecchi calcifiri già descritti, diventa un componente essenziale, anzi il più copioso dei minerali silicati, nelle rocce che abbiamo collocate in questa categoria.

I. Un calcifiro raccolto tra Varallo e Civiasco, sotto il M. Tovo, ha colore chiaro, grana alquanto grossa, caratteristico aspetto brillante dovuto alle larghe e piane superfici di sfaldatura della *calcite*. Questa è abbondante, e non presenta nulla di singolare nel suo aspetto microscopico. La *zoisite* è assai abbondante, e costituisce in certi punti l'elemento prevalente su tutti gli altri, non esclusa la *calcite*. È in plaghe generalmente piuttosto larghe, coi ben noti caratteri ottici. Vi si notano in concrescimento regolare plaghette con birifrazione molto più intensa e direzioni di estinzione non esattamente coincidenti con quelle della *zoisite*, plaghette che sono da riferirsi all'*epidoto*. Si osservano pure, nell'interno delle sezioni di *zoisite*, facule quarzose qualche volta limitate da contorni cristallini nettissimi, paralleli a quelli esterni dell'ospite. *Pirosseno* monoclini incolore è frequente,

come pure *anfibolo* nei soliti cristallini allungati, qualche volta con colore verde chiaro e pleocroismo apprezzabile; *feldspato* alteratissimo e quasi completamente opaco, e *quarzo* probabilmente secondario, entrambi assai scarsi; *titanite* accessoria.

II. Molto simile al precedente è un calcifiro che si può raccogliere presso la Cascina Vallaccia, nella valle della Crosa. Prevale la *calcite*; la *zoisite* è pure copiosa, in plaghe e gruppi di granuli diversamente orientati. Non scarso l'*anfibolo*, con aspetto di actinoto, fortemente colorato e pleocroico, spesso alterato con produzione di clorite; molto meno diffuso è invece il pirosseno, pure alterato, con infiltrazione di calcite e anfibolo secondario nelle screpolature. L'elemento feldspatico è pure profondamente alterato, e sostituito in parte da *zoisite*; pare essere stato in gran prevalenza plagioclasico. È presente anche poco *microclino*, discretamente fresco; *titanite* e *pirrotina* subordinati.

III. Anche sopra Camasco, salendo verso il Ranghetto, si possono raccogliere calcifiri a *zoisite*. Il colore n'è grigio verdognolo chiaro, la grana piuttosto fina; l'aspetto della roccia accusa spesso una profonda alterazione. La *calcite* vi è, naturalmente, sempre abbondante. Altrettanto diffusa è una sostanza di colore biancastro, poco trasparente, contenente granelli di calcite e *zoisite* e qualche squametta di mica bianca; con tutta probabilità si tratta d'un *plagioclasio* alterato. La *zoisite* si trova anche sotto forma di granuli larghi, qualche volta a contorni cristallini; solo in rari casi passa perifericamente a una sostanza epidotica con birifrazione più notevole. Il *pirosseno* non è scarso, ma in granuletti minuti, pieni di screpolature, e con tracce di incipiente alterazione; nel suo interno si notano spesso plaghette di calcite secondaria. Meno comune è l'*anfibolo*, in individui quasi fibrosi, allungati secondo l'asse verticale, di color verde pallido. Piuttosto scarso e solo presente in certi punti della roccia è il *microclino*, abbastanza fresco. *Quarzo* e *titanite* accessori. Qua e là si osservano pure, ma con grande scarsità, individui di *tormalina*, discretamente estesi, ma tutti cariati e zeppi di piccole inclusioni di quarzo, con allungamento otticamente negativo, birifrazione abbastanza forte, e col ben noto pleocroismo: $\epsilon =$ azzurro-verdognolo, pallidissimo, quasi incolore; $\omega =$ azzurro carico nelle parti interne dei cristalli, e verde oliva nelle zone esterne. La comparsa di questo minerale è notevole, per la sua estrema rarità nei nostri calcifiri. *Pirrotite* è distribuita in quantità non trascurabile in tutta la massa della roccia.

IV. Anche molto più in su, poco sotto il Ranghetto, si hanno dei calcifiri di analogo aspetto e composizione. *Calcite* abbondante; *zoisite* pure copiosa, anche in netti cristalli, qualche volta associata ad *epidoto*; *pirosseno* monoclini screpolato e alterato; scarsi il *quarzo* e la *titanite*.

V. Sensibilmente diverso, specialmente al microscopio, per la relativa scarsità della calcite di fronte agli elementi silicati, è un calcifiro, del resto col solito aspetto macroscopico, che si raccoglie tra Crevola e Locarno, lungo la Sesia, dove è stato inciso da lavori stradali che misero a nudo la roccia viva. I minerali predominanti sono la *zoisite* e l'*epidoto*. La prima è incolore, in plaghe irregolari o in individui allungati riuniti spesso in aggruppamenti raggiati, terminati da facce cristalline alle estremità, che si protrudono in piccole geodine o cavità irregolari riempite da quarzo e calcite. L'*epidoto*, per lo più è in accrescimento regolare colla *zoisite*, e forse altrettanto abbondante; se ne distingue per la vivace birifrazione, variabile tuttavia di intensità da punto a punto di una stessa plaga. Dove la birifrazione è più energica, è sempre visibile il colore e il pleocroismo caratteristico, dal gialliccio pallidissimo al giallo-verde vivace. Noi abbiamo constatato più volte questi accrescimenti di un minerale epidotico, birifrangente energicamente, con uno zoisitico, a birifrangenza debolissima. Che si tratti per il secondo di vera *zoisite* trimetrica

non oseremmo affermare, anzi ne dubitiamo fortemente, causa il fatto stesso del concrescimento regolare, con passaggio graduato dall'uno all'altro; tanto più che in epidoti poco ferriferi monoclini fu constatata una birifrangenza di solo 0.0056 (*clinozoisite* della Goslerwand). Del resto la difficoltà estrema (che nella maggior parte dei casi si traduce in impossibilità pratica) della distinzione tra zoisite e clinozoisite (dato che i due minerali non ne costituiscono che uno solo, monoclini, o pseudo-trimetrico) fu recentemente dimostrata dagli studi accurati e diligenti dal Weinschenk (17).

La *calcite* è, come fu detto, relativamente subordinata, senza tuttavia essere scarsa. Il *quarzo* è molto più scarso, limitato ad occupare gli interstizi angolosi tra gli altri elementi. *Titanite* accessoria; *pirrotite* frequente, talvolta così abbondante in certi straterelli da impartir loro una tinta più scura, e un aspetto zonato di tutta la massa.

d) CALCIFIRI A WERNERITE.

Ci è sembrato di poter riunire in un gruppo tutti quei calcifiri che contengono quantità notevoli di wernerite, così che questo minerale meriti di essere posto tra gli elementi essenziali. Si tratta spesso di rocce ricchissime di elementi silicati, e talora passanti a termini poverissimi di calcite, ai quali meglio spetterebbe il nome di gneiss pirossenico-amfibolici a wernerite con calcite accessoria. Ma una distinzione non sarebbe nè opportuna, nè possibile, visto la nessuna differenza sostanziale esistente tra le due rocce.

I. Come tipo può essere assunto un calcifiro che affiora in banchi abbastanza potenti a poco più che metà strada tra Crevola e Locarno. La grana è media, l'aspetto saccaroide, il colore grigio verdognolo chiaro. La *calcite*, in plaghette regolari, è relativamente poco copiosa, subordinata ai minerali silicati. Tra questi domina per lo più il *pirosseno* monoclini, quasi incolore; esso forma individui irregolari, ma spesso anche molto larghi, geminati polisinteticamente secondo {100}. La *wernerite* è pure molto abbondante. È limpida, incolore, con tracce di sfaldatura ben riconoscibili anche nelle sezioni basali, le quali danno una nettissima immagine di interferenza uniassica negativa. Dove è riconoscibile un allungamento, questo è sempre parallelo all'asse verticale, come si riconosce dalle tracce di sfaldatura, e dal carattere negativo della direzione di queste. La rifrangenza media è poco elevata; vivissima la birifrangenza. L'*amfibolo* non è scarso, in prismi allungati, di colore verde piuttosto carico e sensibile pleocroismo. *Zoisite* ed *epidoto* sono entrambi abbastanza frequenti, ma localizzati in certe plaghe della roccia; l'*epidoto* ha una birifrangenza molto variabile, che sembra decrescere regolarmente verso le zone periferiche, le quali sono spesso di vera zoisite tipica. *Quarzo* e *plagioclasti* sono affatto accessori; *titanite* e *apatite* rare.

II. Molto analogo al precedente è un calcifiro che si raccoglie lungo il sentiero tra il Sacro Monte e la Cappella del Cucco. La *calcite* è più abbondante; la *wernerite* prevale assai sul *pirosseno*, ed è talvolta alquanto alterata lungo le screpolature, con produzione di sostanze squamose vivamente birifrangenti.

III. Un altro bellissimo calcifiro a wernerite si può raccogliere proprio presso Varallo, dove la strada per Crevola ha tagliato il piccolo sperone roccioso che sorge dal terreno alluvionale presso il cimitero. La roccia è spesso povera di calcite, e ha colore verdognolo chiaro. La *calcite* è in granuli abbastanza regolari di forma, ma modellati spesso sugli altri

(17) *Zeitschrift für Kryst.* XXVI, 1896, p. 156.

elementi. Tra questi prevale ancora il *pirosseno* monoclinico, di color grigio verdognolo pallidissimo, in plaghe irregolari ma larghe, le quali spesso includono granuli numerosi di altri elementi della roccia, in particolare di feldspato (microclino). L'*anfibolo* è invece molto subordinato, ma appariscente per il suo colore piuttosto vivace, con distinto pleocroismo dal gialliccio al verdognolo. Copiosa quanto il pirosseno è al contrario la *wernerite*, in granuletti senza contorni cristallini, con tracce di sfaldatura visibili, ma fresca e limpidissima; qua e là si notano le ben note inclusioni allungate, disposte parallelamente all'asse verticale. L'elemento feldspatico, non molto scarso, è rappresentato pare esclusivamente da granuletti di *microclino*. Come accessori si notano: qualche squametta di *flogopite*; *titanite* in cristallini anche geminati; *pirrotite*.

IV. Anche sotto Crevola abbiamo raccolto un calcifiro con caratteri molto analoghi ai precedenti, dai quali non differisce macroscopicamente. La *calcite* vi è, al solito, piuttosto scarsa, e talvolta in certe plaghe si limita ad occupare piccoli interstizi tra gli elementi silicati. Il *pirosseno* monoclinico, sempre geminato a lamelle polisintetiche $\{100\}$, la *wernerite*, coi consueti caratteri, molto fresca, e il *microclino*, spesso riunito in accrescimenti micropegmatitici con poco quarzo, sono i tre principali elementi silicati. L'*anfibolo*, verde, actinolitico, è molto scarso; alquanto più diffusa la *zoisite*, in granuli e cristalli talvolta di notevoli dimensioni. Raro è un *plagioclasio* in frammenti irregolari; dalle direzioni di estinzione notevolmente inclinate, e da un unico confronto col quarzo che ci fu possibile eseguire, e che diede $\delta_1 > 0$ $\delta_2 > 0$, crediamo poter dedurre che si tratti di *labradorite*. Tra gli accessori vanno inoltre ricordati: *flogopite*, *titanite*, *apatite*, *pirrotite*.

V. Anche nella valle della Duggia, sopra Locarno, abbiamo raccolto un calcifiro a *wernerite* di questo tipo. Il colore della roccia è grigio chiaro, picchiettato di nero e di rossigno. La *calcite* è discretamente abbondante. Il *pirosseno* monoclinico, con aspetto di diallagio, è più diffuso dell'*anfibolo*, col quale si presenta talvolta in regolare concrescimento. La *wernerite* è per lo più in granuli arrotondati, e, contro il solito, è piuttosto profondamente alterata. L'alterazione comincia lungo le sfaldature, le quali formano un fitto reticolato; come nuova produzione si notano numerosi piccoli granuletti di calcite. *Flogopite* assai scarsa, e generalmente molto alterata. *Quarzo* irregolarmente diffuso, riunito in lenticelle. Pure variamente distribuito, ma in quantità apprezzabile, il *microclino*. *Zoisite*, *titanite*, *pirrotite*, molto scarse.

VI. Il calcifiro della Crosa, affiorante in banchi verticali proprio sotto il paesetto, dove fu tagliato dalla via per Camasco, ha aspetto macroscopico poco dissimile dai precedenti, dai quali differisce specialmente, come altri calcifiri che andremo descrivendo in seguito, per la associazione abbondante del *plagioclasio* alla *wernerite*, e per la maggiore scarsità di tipi poveri di calcite. Tra i feldspati sono egualmente abbondanti il *microclino* e un *plagioclasio* sodico-calcico, in sezioni spesso irregolari, rotte, con un principio di alterazione e produzione di squamette di mica bianca. Questo presenta lamelle di geminazione albitica numerose ma irregolari e spesso come sfrangiate; l'estinzione nella zona simmetrica raggiunge un massimo di 45° , così che talora è necessario l'impiego della mica $\frac{1}{4}\lambda$ per distinguere i due sistemi di lamelle; il metodo di Becke dà sempre, decisamente:

$$A_1 > 0 \quad A_2 > 0 \quad \delta_1 > 0 \quad \delta_2 > 0.$$

Si tratta dunque probabilmente di *anortite* o di un termine ad essa assai vicino. *Wernerite*, *pirosseno mon.*, *anfibolo* e *zoisite* sono tutti presenti in quantità non molto forte, coi soliti caratteri. La *flogopite*, spesso alterata, è limitata a qualche punto; *quarzo*, *titanite*,

pirrotite molto scarsi. Tra gli accessori merita una speciale menzione, per la sua rarità nei nostri calcifiri, la *tormalina*, in prismi allungati, col ben conosciuto intenso pleocroismo:

ϵ = gialliccio, quasi incolore.

ω = bruno, qua e là verdastro.

A proposito di questo minerale, è da ricordare che a contatto del calcifiro in questione si nota un potente filone granitico-pegmatitico.

VII. A questo possono far seguito due altri calcifiri che si osservano l'uno presso Crevola, lungo la strada di Locarno, e l'altro circa un chilometro più a valle, il cui aspetto macroscopico non differisce sensibilmente dal normale. I componenti sono: *calcite*, abbondante; *pirosseno* monoclinico con qualche lamella di geminazione {100}; pochi e sottili prismi di *amfibolo* actinolitico; *flogopite* bruno-chiara; *wernerite*, in granuli per lo più rotondeggianti; *plagioclasio*, per lo più rotto e deformato, ma che dall'estinzione che arriva spesso fino verso 40° e dal forte potere rifrangente pare essere almeno *labradorite*; *zoisite*, in grossi granuli, con inclusioni quarzose abbondanti; *quarzo* affatto accessorio; *titanite* e *pirrotite*.

VIII. Descriveremo come ultimo di questo gruppo un calcifiro raccolto sul fianco sinistro della Val Bagnola, tra il Pozzale e Verzimo.

L'aspetto macroscopico è alquanto più compatto, il colore qualche poco più scuro dei precedenti. È costituito da una pasta calcitica a grana piuttosto fina, che comprende, sparsi porfiroidicamente, numerosi cristalli e frammenti a contorni arrotondati di *wernerite*, *plagioclasio*, *pirosseno* monoclinico, *quarzo*. La *wernerite* è abbondante e freschissima. Il *plagioclasio* presenta numerose e fitte strie di geminazione albitica, con altre meno numerose secondo il periclinio; esso mostra evidenti tracce di deformazione meccanica, ma è abbastanza limpido e fresco; inclusioni di *wernerite* e *quarzo* si notano anche nei granuli più integri. Gli angoli d'estinzione, che nella zona simmetrica superano i 45° , sembrano affermare la natura basica del minerale, crediamo prossimo all'*anortite*. Il *pirosseno* è spesso geminato polisinteticamente secondo {100}. Il *quarzo* è più scarso degli altri, in individui a contorni irregolari, con evidenti fenomeni di cataclasi. La *titanite* si presenta come accessorio, in piccoli granuli brunicci, con la *pirrotite*.

La struttura porfiroide di questo calcifiro, affatto eccezionale per il gruppo di rocce cui appartiene, la piccolezza dei granuletti di calcite tutti serrati gli uni contro gli altri, e zeppi di lamelle di geminazione, e i fenomeni cataclastici che si notano negli elementi silicati e nel *quarzo*, ci fanno ritenere probabile trattarsi di un fenomeno secondario, dovuto ad azioni dinamometamorfiche, le quali avrebbero frantumati solo parte degli elementi, specialmente la calcite, rispettando gli altri, e dando così una specie di quella struttura che i tedeschi dicono *Mörtelstruktur*.

e) CALCIFIRI CON EVIDENTE STRUTTURA DINAMOMETAMORFICA.

Questo ultimo gruppo è basato, come dice la intestazione che abbiamo premessa al capitolo, non sulla composizione mineralogica, ma sulla struttura. Si tratta per lo più di calcifiri pirossenico-amfibolici nei quali sono visibilissimi gli effetti di azioni dinamiche, le quali produssero in molti punti una frantumazione di gran parte degli elementi, i cui frammenti più grossi si trovano così immersi in una pasta a grana fina, formata dal tritume più minuto, nel quale domina, naturalmente, la calcite. Il colore di queste rocce è

grigio, spesso abbastanza oscuro, e sensibilmente diverso da quello ordinario dei calcifiri finora descritti, dai quali si differenziano anche per la grana sempre fina. Una alternanza di zone chiare e scure è frequentissima, e il microscopio insegna a riconoscere in queste ultime le zone di più minuta frantumazione, nelle quali un pulviscolo nero di origine secondaria (magnetite, o pirrotite polverizzata?) sottilissimo, pigmenta tutta la pasta e fa da bordatura ai più grossi granuli e frammenti. Talora interi frammenti della roccia originaria, con la struttura normale, sono sfuggiti alla rottura, e si trovano, come isole, impigliati nella pasta frammentizia, specie ai margini delle zone di frantumazione.

I. Come tipo può servire una roccia da noi raccolta poco più di mezzo chilometro sotto il paesello di Strona, nella valle omonima; il colore è grigio scuro, zonato; l'aspetto compatto. Al microscopio, in una pasta risultante per gran parte da minutissimi granuli di *calcite* stanno sparsi irregolarmente, insieme a più grossi individui di calcite con strie di geminazione curve e distorte, granuli rotti e in varia guisa deformati, spesso veri frammenti, dei minerali seguenti, che in più minute schegge sono pure diffusi entro la pasta: *plagioclasio*, con scarse lamelle di geminazione secondo la legge dell'albite, e con struttura zonare qualche volta molto evidente; esso pare di natura abbastanza acida (andesina?) ma non è assolutamente determinabile specificamente; la bordatura nera ai margini non permette nemmeno i confronti col balsamo; con tale elemento feldspatico si trovano, talora ad esso aderenti, lamelle di una *mica bianca*, la quale del resto in aggregati squamosi si trova pure non raramente isolata entro la pasta; *anfibolo* incolore, in frammenti di prismi, raramente geminati secondo {100}; *titanite* in minutissimi granuletti; *pirite* in piccoli cubetti; *zirconio* in cristallini inclusi nel feldspato. Copioso il pigmento nero pulverulento che fa da orlo a tutti i grossi frammenti.

II. Affatto identico per l'aspetto macroscopico e la struttura è un calcifiro che si osserva sul fianco destro della valle del Pascone, sotto Civiasco, quasi in faccia a Cilimo. La pasta, prevalentemente calcitica, ha l'aspetto già descritto, e vi è abbondantemente distribuito il solito pigmento nerastro pulverulento. L'*anfibolo* è discretamente diffuso, in frammenti, per lo più incolore; raro il *pirosseno*. Comunissimo un feldspato *plagioclasio*, di natura, almeno in parte, piuttosto basica, prossimo alla *labradorite*. Ma la grande abbondanza di piccoli individui che è affatto impossibile studiare rende possibile supporre la presenza in quantità non piccola di altri feldspati più acidi, tanto più che potemmo constatare con sicurezza qualche scarso individuo di *microclino* caratteristico. La *mica bianca* è abbastanza comune, in piccole squame per lo più contorte. Scarsa la *titanite*; rari il *quarzo* e lo *zirconio*, quest'ultimo incluso nel feldspato.

III. Molto istruttiva per lo studio della genesi di questi calcifiri è una roccia che si può raccogliere sulla destra della Sesia, in faccia a Gambararo, e che non è se non una modificazione parziale di uno dei calcifiri pirossenico-anfibolici sopra descritti. L'aspetto ne è zonato, a larghe fasce di color grigio giallastro chiaro, alternanti con zone più sottili a struttura compatta e colore grigio più oscuro.

Nelle porzioni scure la roccia, salvo la presenza del pirosseno in notevole quantità, è identica a quella dei due campioni ultimi descritti. Si notano interi frammenti della roccia a grana grossa inglobati nella pasta a grana sottile. La *calcite*, oltre che nella pasta, si trova pure insinuata in venuzze sottili entro le screpolature degli elementi silicati. Il *pirosseno* monoclinico è molto abbondante, anche in plaghe relativamente larghe, parecchie delle quali, nella roccia fresca, sono isorientate, come parti di uno stesso individuo scheletri-

forme. Sono spesso manifeste, oltre alle sfaldature prismatiche, le separazioni {100} diallagiche. Un *amfibolo*, incolore in sezione, in prismi allungati, è men diffuso del precedente. Copiosamente distribuito si nota invece un feldspato plagioclasico, con lamine di geminazione molto irregolari, deformato non di rado meccanicamente e otticamente, con inclusioni di quarzo non rare. L'estinzione nella zona normale a {010} raggiunge una inclinazione massima di 38°; gli indici di rifrazione del plagioclasio sono in tutti i casi superiori a quelli del quarzo. Si tratta dunque di *labradorite*. *Titanite* è abbondante, con forte pleocroismo, dal rosso bruniccio all'incolore. *Flogopite* e *zoisite* affatto subordinate. Molto diffusa la *pirrotite*, alla cui frantumazione ci sembra, almeno in questa roccia, sia da riferirsi il pigmento nero delle zone di laminazione. La *vernerite* si trova, in piccola quantità, in un altro calcifiro, raccolto più a nord, e che per tutti gli altri caratteri è identico a quest'ultimo descritto.

Del resto, zone di laminazione più ristrette e meno caratteristiche, che localmente danno origine a rocce dinamometamorfiche grigie di aspetto compatto, si trovano anche più verso Varallo, in prossimità di Crevoia, e in Val della Crosa, sul fianco sinistro della valle, sulle pareti dirupate del Monte Quarone, tra la Crosa stessa e Morondo.

P. — Appendice al Gneiss Strona. — Graniti.

a) GRANITITE DI ROCCAPIETRA.

Il diligente studio che dei graniti formanti la massa della Colma ebbe già a fare lo Strüver ci dispensa, crediamo, dall'entrare in molti particolari a proposito di queste rocce. Tuttavia, per completare il quadro petrografico della nostra regione, daremo alcuni cenni di descrizione che si riferiscono particolarmente alla località più notevole e più caratteristica: la cava di Roccapietra.

La roccia in questa località è un granito biotitico a grana media o grossetta, traversato da grossi filoni di granito a grana fina, del quale sarà parola più oltre; ha aspetto francamente massiccio, struttura granitica normale; già macroscopicamente si riconosce l'elemento micaceo essere pressochè esclusivamente biotitico.

Il feldspato è di due specie: *microclino* e *plagioclasio* propriamente detto. Il primo è alquanto più abbondante dell'altro, e forma plaghe anche larghissime, le quali a nicols incrociati lasciano riconoscere la caratteristica struttura di geminazione polisintetica. I suoi indici di rifrazione son sempre inferiori a quello del balsamo col quale lo confrontammo mediante il metodo di Becke. Laminette di sfaldatura parallele alla base mostrano che le estinzioni dei due sistemi di lamelle fanno tra loro un angolo di circa 32°, bisecato dalla sutura di geminazione. Lamine parallele a {010} estinguono a 5° dalla traccia basale, in senso positivo. In queste laminette, nelle quali scompare ogni indizio di geminazione, si può riconoscere ordinariamente una inserzione di minutissime lenticelle d'altro minerale alquanto più rifrangente; queste estinguono tutte contemporaneamente, a 20° gradi dalla traccia basale dell'ospite, pure in senso positivo, e parrebbe per ciò fossero di natura albitica.

Il plagioclasio, un poco men copioso del microclino, ha, contrariamente a questo, decisa tendenza all'idiomorfismo, e cristallini ben formati se ne trovano inclusi spesso nel microclino stesso e nel quarzo. Costante la legge dell'albite, con laminette sottili e

regolari; non rara quella di Karlsbad. L'estinzione massima nella zona simmetrica è bassa, e non supera 5°-6°; nei geminati doppi, riconoscibili alla forma del contorno, la differenza tra l'estinzione di due lamelle α e d è così piccola da renderne difficile il riconoscimento ottico, non superando i 2°-3°.

Confrontando col balsamo questo plagioclasio, ottenemmo:

$$\alpha' \leq n \quad \gamma' > n.$$

I più sicuri confronti col quarzo diedero:

$$\delta_1 \geq 0 \quad \delta_2 < 0$$

Lamine di sfaldatura basale mostrano che l'inclinazione d'estinzione di due lamelle geminate secondo l'albite è di 2°-3° tra l'una e l'altra. Sulla {010} una direzione di estinzione appare sensibilmente parallela alla traccia di sfaldatura {001}. Si tratta quindi di un *oligoclasio basico*.

Non mancano però tracce di un plagioclasio diverso, che qualche volta circonda, come un anello, l'oligoclasio, o forma piccoli individui di probabile origine secondaria. Quest'altro plagioclasio, trasparentissimo e più fresco dell'altro, ha estinzioni che salgono a un massimo di 16° nella zona simmetrica, potere rifrangente molto più basso e ci sembra quindi di natura albitica e non andesinica.

Il *quarzo*, molto abbondante, è in plaghe anche grandi, irregolari, e si modella spesso su tutti gli altri elementi della roccia. Forma inoltre frequentemente accrescimenti micropegmatitici e vermicolazioni con l'elemento feldspatico e, più scarsamente, anche con la *biotite*. Questa è dominante tra gli elementi colorati, e ordinariamente freschissima, di color bruno, inalterata, quasi uniassica. Scarsa la *moscovite*, e scarsissima soprattutto quella originaria, poi che per la maggior parte le poche laminette son dovute alla alterazione dei feldspati. Accessoria, ma abbastanza diffusa, la *orneblenda* verde che qua e là si può riconoscere già ad occhio nudo. L'*ortite* pure si nota in quantità non del tutto esigua, in netti cristallini bruni col consueto aspetto di questo minerale. *Apatite* e *zircone*, questo anche in cristallini nettissimi e ricchi di facce, sono abbastanza comuni.

Deformazioni meccaniche sono a notarsi con frequenza, ma in generale di poca entità, limitate al quarzo, e non tali da modificare sostanzialmente la originaria struttura della roccia.

Oltre ai citati grossi filoni di granito minuto, traversano spesso questo granito vene e filoncelli pegmatitici, o di miscela quarzoso-feldspatica con tormalina, i quali furono minutamente descritti dallo Strüver.

Ma ben più grandi e più importanti sono altre masse incluse nel nostro granito, le quali se ne distinguono ben tosto per il colore più scuro, dovuto alla maggior ricchezza in biotite, per la grana molto più fina, per la struttura decisamente scistosa. Queste masse, già esaminate accuratamente dallo Strüver, fanno a primo aspetto, com'egli riconobbe, la impressione di masse gneissiche traversate e inglobate dal granito, tanto più che in generale la distinzione è netta, nè vi ha formazione d'una zona di passaggio; l'aspetto della fronte di taglio della cava, alcuni anni fa, quando era attiva, era molto suggestivo in questo senso. Ma un più minuto studio dei minori inclusi può far risorgere il dubbio che si tratti invece di masse costitutive accessorie della stessa roccia eruttiva, di noduli o concrezioni basiche, così frequenti nei graniti, che per circostanze speciali abbiano assunto la struttura parallela. Lo Strüver, che ha sollevato il dubbio, nonostante l'acutezza della sua

osservazione, non osa risolvere decisamente il problema; solamente si serve di questa discussione per dimostrare l'eruttività di queste masse granitiche: un argomento sul quale a noi pare non valga omai più la pena di aggiungere parola.

La composizione mineralogica di queste masse gneissiche non è molto diversa da quella del granito e, insieme, da quella dei gneiss granulari biotitici. La grana è piuttosto fina e regolare. Tra i feldspati si osservano ancora il plagioclasio e il microclino, ma questo non più in quell'abbondanza che abbian notata nel granito, anzi talvolta subordinato al *plagioclasio*. Questo, studiato con tutti i metodi, ci parve ancora in gran prevalenza un oligoclasio basico, passante solo talvolta ad un termine acido dell'andesina. Il *quarzo* è molto abbondante, in granuli abbastanza regolari: raramente si presenta in accrescimenti micropegmatitici coi feldspati. La *biotite* è abbondante, in squamette piuttosto piccole, generalmente freschissima. Essa presenta spesso contorni arrotondati, e aspetto quasi goccioliforme; oppure forma individui irregolari che occupano gli spazi angoli tra i granuli rotondeggianti degli elementi incolori; ma se questo suo modo di presentarsi è notevolmente diverso da quello che si osserva nei graniti, non è sufficiente a dare la struttura caratteristica d'un gneiss di contatto; aggiungasi che le nostre ricerche microscopiche non ci permisero di riconoscere nè cordierite nè andalusite. *Zircone* e *apatite* sono piuttosto scarsi. Immediatamente vicino al contatto col granito si notano poi anche piccoli individui di *tormalina* bruniccia, e di *anfibolo* chiaro.

Risulta da quanto esponemmo che la ricerca microscopica non è sufficiente a decidere la questione in modo assoluto; tuttavia osserviamo non doversi dare gran valore alla mancanza di sicuri fenomeni di metamorfismo di contatto, i quali mancano spesso o sono poco chiari nei gneiss, particolarmente al confine occidentale della grande massa granitica. D'altra parte, il volume di tali masse, la loro costante scistosità, il loro aspetto gneissico, ci sembrano fatti di non lieve importanza; nè vogliamo da ultimo trascurare di far notare come masse scistose con identico aspetto e composizione si trovino inglobate anche in quel granito a grana minuta che dicemmo traversare quello a grana media in grossi filoni.

b) GRANITITE DI QUARNA.

Affatto analoga a quella di Rocca per struttura e composizione mineralogica è la granitite che forma la minore massa di Quarna. Essa è però alquanto più alterata, particolarmente nei plagioclasii, i quali sembrano ancora doversi riferire all'oligoclasio basico. La mica è piuttosto abbondante, e quasi esclusivamente di natura biotitica. Tra i minerali accessori, oltre all'apatite e allo zircone, c'è un po' di titanite secondaria; sembrano mancare la orneblenda e l'ortite.

c) GRANITI FILONIANI.

Numerosissimi entro la massa del gneiss Strona, e in particolar modo nella zona micascistosa occidentale di esso sono i filoni granitici, i quali con varia potenza ne-traversano discordanti gli strati; anche entro alle granititi testè descritte non sono rari i filoni, talora potenti, di roccia granitica minuta.

L'aspetto più comune della roccia è quello di un granito minuto a due miche, grigio chiaro, molto compatto e uniforme d'aspetto; ne osservammo esempi tipici in Val Strona,

circa 2 km. sopra Omegna, nel gneiss; a Roccapietra e alle Coste della Suggia, sulla sinistra della Sesia, nella granitite; sotto Quarna e sopra Arola in forme pure gneissiche; sopra Civiasco, verso Campolungo, nel micascisto, ecc. ecc.

In tutte queste località l'elemento feldspatico è duplice, cioè ad un *plagioclasio* sodico-calcico si associa sempre in notevole quantità il *microclino*.

Il plagioclasio sodico-calcico è di formazione anteriore a quest'ultimo, idiomorfo sempre, e comunemente listiforme nella sezione. Alla geminazione secondo l'albite si associa con grandissima frequenza quella di Karlsbad; otticamente, lo studio ne è reso difficile da una struttura zonare sempre evidente, e talora assai forte, con decrescente basicità dal nucleo alla zona esterna. Nella zona simmetrica, il massimo di estinzione raggiunge i 14°-15°; in una sola sezione lo trovammo arrivare a 22°; nella zona esterna scende gradatamente fino a 0°, che è qui il valore più comune, così che in tale zona le strie di geminazione, ben marcate nell'interno, si affievoliscono fino a scomparire. Lo studio dei geminati doppi, in causa della struttura a zone di diversa basicità, è reso pressochè inattuabile: in un caso favorevole trovammo

$$\begin{array}{cccccc} a & b & c & d & e & f \\ -4^\circ & -3\frac{1^\circ}{2} & -3^\circ & +12^\circ & +11^\circ & +10^\circ. \end{array}$$

Confrontato col balsamo, questo feldspato dà sempre

$$\alpha' > n \quad \gamma' > n.$$

L'oscillazione di α' si riferisce alle diverse parti. Confronti col quarzo incluso, spesso sicurissimi, ci diedero costantemente, all'interno:

$$\delta_1 > 0 \quad \delta_2 < 0.$$

Si tratta adunque di *andesina*, e nella maggior parte dei casi di andesina acida, per il nucleo interno; gli strati esterni sono di *oligoclasio*, e scendono fino ad un oligoclasio acido. Ma in alcuni casi potemmo notare un'altra zona, più esterna e affatto incompleta, di un altro plagioclasio ancora più acido, che è facile riconoscere come *albite*; però non già con graduale passaggio alla zona oligoclasica, ma con brusco salto, così da essere sempre visibile nettamente la linea di Becke, al margine tra i due, accusare la minor rifrangenza dell'esterno. Le lamelle di geminazione continuano d'ordinario ininterrotte fino all'esterno; in questo l'estinzione simmetrica raggiunge i 16°, ma in senso opposto al nucleo interno, così che le parti andesiniche di un sistema di lamelle estinguono contemporaneamente alle parti albitiche dell'altro sistema, e viceversa. Si tratta forse di un concrescimento secondario, come farebbe credere anche il completo allotriomorfismo di queste parti esterne, e il loro trovarsi solo su parte della superficie del plagioclasio, quasi come riempimento metasomatico di piccole cavità miarolitiche.

Lo stato di conservazione di questo elemento è d'ordinario buono; solo qua e là delle chiazze di intorbidamento e piccole lamine di mica bianca disposte secondo i piani di sfaldatura dell'ospite accennano ad una alterazione; di tali laminette di mica bianca se ne osservano tuttavia alcune così notevoli per dimensioni che una sola di esse traversa una lista di plagioclasio in tutta la sua lunghezza, rispettando solo le parti esterne, decisamente acide, e sempre meglio conservate che non le parti più interne.

Il *microclino* è altrettanto, e spesso anche più abbondante del precedente, rispetto al quale è completamente allotriomorfo; la struttura ne è la ben nota; nella zona simmetrica

l'estinzione raggiunge 19° ; sulla base, in laminette di sfaldatura che facilmente si ottengono, è circa $= 15^\circ$; $\gamma < n$, sempre, tanto in balsamo che in essenza di garofani ($n = 1.533$). Alla periferia penetrano talora in esso degli accrescimenti vermicolari, a lingua, formati da quarzo e un plagioclasio rifrangente più del microclino, e circa come il quarzo.

Questo è, naturalmente, uno dei componenti principali di tali rocce, in granuli sempre irregolari, non di rado deformati otticamente così da presentare estinzione incerta ed ondulata. Esso contiene inclusioni numerose, sia fluide, piccolissime, in serie numerose, sia di quegli aciculi estremamente esili, opachi, probabilmente per riflessione totale, che son così frequenti nel quarzo dei graniti, e si possono riferire dubitativamente al rutilo.

Le miche, *biotite* e *muscovite*, sono entrambe assai diffuse, con qualche oscillazione di quantità; le laminette sono abbastanza regolari, e rara è una struttura di implicazione col quarzo alla periferia di esse.

Come elemento accessorio, il più frequente è la *tormalina*, però irregolarmente distribuita, e in vene con quarzo, così da lasciar riconoscere facilmente la sua origine pneumatolitica. Curiosi per l'aspetto sono nel granito minuto di Roccapietra certi *occhi* di tormalina, grossi come un comune uovo di gallina, e spesso di forma per l'appunto ovoidale, o sferoidale; la tormalina, bruna o verdastra, nera in massa, include regolarmente distribuiti una quantità veramente grande di granuli nettamente idioformi di quarzo e plagioclasio: gli inclusi eguagliano o superano la massa dell'includente, la cui pertinenza ad un unico individuo risulta dalla contemporaneità dell'estinzione. Al centro sta spesso un nucleo di tormalina quasi privo di inclusioni; invece alla periferia questa formazione è separata dalla massa granitica incassante per mezzo di una zona chiarissima, biancastra, dello spessore di circa un mezzo centimetro, o poco più, priva quasi completamente di elementi micacei, e dotata di una notevole struttura. Questa, al microscopio, si rivela esser data dal microclino, che a grandissimi individui forma il fondo, nel quale, come nella tormalina, stanno inclusi completamente e regolarmente cristalli piuttosto piccoli, nettamente idioformi, di quarzo e plagioclasio. In un solo individuo cribroso di microclino, largo parecchi millimetri, stanno così immersi centinaia di granuli degli altri due elementi. Nel quarzo sono riconoscibili spesso facce cristalline, come nelle segregazioni intratelluriche dei porfidi; il plagioclasio è il solito, cioè a dire a nucleo di andesina, con zona esterna più acida, fino all'oligoclasio acido. Ai margini, verso l'includente, questo plagioclasio presenta talvolta delle *vegetazioni* a mo' di germoglio, vermicolate da quarzo, le quali si protendono entro il microclino. Verso la roccia normale, segue poi un'altra zona, meno evidente, nella quale sul fondo di microclino stanno anche in discreto numero lamelle nette e regolari di biotite e di muscovite, e per gradazione insensibile si passa così alla consueta struttura.

Fatta eccezione per la tormalina, gli elementi accessori sono scarsissimi, e si riducono a cristallini di *apatite* e *zirconio*.

In questi graniti a grana fina, come già ebbero a dire parlando della granitite di Roccapietra, si notano pure talvolta alcune di quelle inclusioni gneissiche, più scure della massa includente, la cui origine fu da noi in tale occasione discussa. La composizione mineralogica di queste parti più basiche e scistose è presso a poco quella delle masse incluse nella granitite; però le inclusioni di mica e di quarzo goccioliformi sono assai più abbondanti, e quell'accenno a struttura *hornfelsitica* che già in quelli inclusi era discreto, è qui deciso ed evidente. Ora, se è vero che tale struttura è frequente fino ad un certo grado nei paragneiss normali, e specie nei minuti, e pur concedendo importanza all'assenza dei

minerali detti di contatto, non si può tuttavia disconoscere che la forma e l'aspetto della mica nera, la regolarità della grana, la frequenza dell'inclusione reciproca dei vari elementi, con apparenza di esser dovuta a completa ricristallizzazione della massa, formano un complesso di caratteri, i quali, insieme alla presenza di una analoga struttura osservata parecchie volte in gneiss sicuramente di contatto, ci fa piuttosto proclivi a ritenere che tali masse siano, in questo caso almeno, di origine enallogena, e spettino a gneiss traversati dal magma granitico, dal quale furono discretamente metamorfosati.

Abbastanza diversi, specialmente per la natura dei feldspati, sono alcuni graniti minuti, passanti quasi a dioriti quarzoso-micacee, che abbiamo osservato in filoni di discreta potenza nel micascisto e nei calcifiri ad esso associati, lungo la strada da Varallo a Civiasco, e anche nella valle del Pascone, più in là di Civiasco, sulla sinistra del torrente.

In questi il feldspato potassico manca generalmente affatto, o vi è del tutto scarso e subordinato; abbondante vi è invece un *plagioclasio* sodico-calcico in plaghe di mediocre idiomorfismo, e ad ogni modo non listiformi; la geminazione doppia albite-Karlsbad vi è subordinata alla prevalente albite-pericline; struttura zonare poco sviluppata o mancante. Nella zona simmetrica troviamo estinzione massima = $23^{\circ} - 25^{\circ}$, secondo le sezioni; in balsamo si osserva sempre $\alpha' > n$ $\gamma' > n$. Nella zona esterna, quando questa è sensibilmente più acida, si ha un massimo d'estinzione di $10^{\circ} - 12^{\circ}$ più basso del sopra accennato. Si tratta dunque di andesina basica, talora con mantello di andesina acida. Le deformazioni meccaniche sono, in queste rocce, ancor più evidenti che in quella prima descritta; i plagioclasti specialmente sono spesso rotti o curvati.

Il quarzo, che è pure molto abbondante, è in plaghe affatto irregolari, le quali anch'esse rivelano le tracce delle forti azioni meccaniche subite dalla roccia.

Tra le miche, è presente la sola *biotite*, fresca o alterata, spesso tutta curva e pieghevole. Poca *zoisite*, e qualche granuletto di *apatite* e *zircone* costituiscono tutti gli elementi accessori.

Una grana molto maggiore, e una notevole varietà di aspetto presentano altri filoni di roccia granitica, come quelli che si osservano alla Mantegna, al dosso della Crosa, e sulla pendice franosa della Rabbiosa ch'è rivolta verso il Pozzale. In queste rocce, parti relativamente minute sono frammiste a parti molto più grossolane e di aspetto pegmatitico; non solo, ma là dove la tessitura è relativamente più uniforme, parti chiare poverissime di mica alternano con parti più oscure, ricche di biotite, e con un accenno a struttura scistosa. L'insieme però non produce l'impressione di una inclusione di masse gneissiche come a Roccapietra, bensì piuttosto di una miscela imperfetta; i confini non sono netti e ben definiti, ma sfumati; le parti più oscure compajono come chiazze, come marezzature o venature spesso sinuose e contorte nelle parti più chiare e più compatte. Queste differenze di aspetto e la maggiore o minore quantità di biotite non sono però le sole diversità che si notino tra le parti chiare e le scure. Le prime sono relativamente ricche di *microclino*, in plaghe anche larghe, con struttura affatto caratteristica e lenticelle micropertitiche di natura albitica e probabile origine secondaria: esse infatti irradiano dall'esterno all'interno dove il minerale è più deformato meccanicamente, e fanno passaggio evidentissimo a maggiori screpolature con spostamento, pure riempite da albite secondaria. Un *plagioclasio* sodico calcico è pure presente in discreta quantità; esso presenta estinzioni simmetriche

che arrivano a un massimo di $13^\circ - 14^\circ$, e riferito al balsamo dà $\alpha' > n$ $\gamma' > n$. Si tratta dunque di *andesina* acida. Qualche concrescimento esterno di albite e qualche vermicolazione quarzosa vi si notano pure non di rado. Il *quarzo* è piuttosto abbondante, con estinzioni fortemente ondulate. La *biotite* e la *muscovite* sono entrambe assai scarse. Le parti più scure non contengono affatto microclino o altro feldspato alcalino; il plagioclasio sodico calcico vi è abbondante, geminato albite-pericline, con estinzione massima $= 16^\circ$; prove col metodo Becke danno $\delta_1 > 0$ $\delta_2 < 0$. È dunque all'incirca della stessa basicità di quello che si osserva nelle parti chiare. Il *quarzo* è pure discretamente abbondante, ma sempre con estinzioni marcatamente ondulate. La *biotite* è copiosa, e spesso le sue lamelle presentano tracce di disposizione regolare; la *muscovite* assai scarsa. Il *granato* vi è affatto accessorio, in piccoli granuletti, come pure anche la *zoisite*. Nessuna traccia di struttura di *hornfels*, e nessun distacco netto dalle parti scure alle chiare; noi crediamo non andare errati riferendo questo fenomeno a differenziazione del magma, e tenendolo perciò ben distinto da quello degli interclusi gneissici della cava di Roccapietra.

Analoghe dimensioni degli elementi, e aspetto pure tendente al pegmatitico presentano altri filoni che si possono osservare particolarmente numerosi ed evidenti nel micascisto e nelle rocce ad esso associate lungo la riva destra della Sesia, da Crevola a Locarno; sono questi particolarmente quei filoni che il Gerlach diceva di *eurite* (Eurittrümer). In generale le miche vi sono scarse, in lamine larghette, e il colore d'insieme della roccia trae al grigiastro. Gli elementi sono all'incirca gli stessi; il *microclino* è in plaghe e cristalli talora grossi e geminati secondo Karlsbad; ai margini presenta le solite vermicolazioni, e la massa ne è tutta sparsa di esilissime lenticelle micropertitiche, probabilmente albitiche, ma troppo esili per poter essere studiate con esattezza. Le fratture con spostamento e allontanamento delle parti vi sono frequentissime: una massa microgranulare di *quarzo* e forse in parte anche di albite si trova insinuata nelle più larghe fessure. Pure in grossi individui, ma rotti e come ruiniformi, è un plagioclasio con estinzioni massime di 17° , geminato a larghe e regolari lamine secondo l'albite, e che, confrontato col balsamo, se ne mostra sempre più rifrangente. Si tratta sempre di *andesina* acida. In facule di discrete dimensioni, concresciute regolarmente con l'ospite, vi si trova, spesso in gran copia, il *microclino*. Abbondante il *quarzo* sempre con fenomeni di cataclasi spiccati. *Biotite* e *muscovite* vi sono, come dissimo, in mediocre quantità, senza notevole predominio della seconda, anzi, talvolta, con prevalenza della prima. *Tormalina* accessoria qua e là, non abbondante; scarsissimi sempre: *zircone*, *apatite*, *zoisite*, *titanite*.

Meno frequenti, ma notevolissimi per potenza e per la dimensione degli elementi, sono finalmente alcuni filoni di pegmatite tormalinifera. Colossali individui di feldspato, in gran prevalenza pertite microclino-albitica, noduli di *quarzo* enormi, larghissime lamine di *biotite* e *muscovite*, con netti cristalli di tormalina grossi fino a 10 cm. e lunghi 30-40 e non minori individui icositetraedrici, spesso benissimo conformati, di *granato* almandino, formano per esempio la roccia pegmatitica che, in filone di molti metri di potenza, affiora tra Camasco e il Pozzale in Valle del Nono. Anche nella bassa valle Strona si ha qualche enorme filone dello stesso tipo, ma meno ricco di tormaline e granati: così, un mezzo chilometro sotto Strona, e in altre località anche più a monte. I filoni minori sono poi sparsi entro tutta la massa del gneiss Strona.

II. - Rocce massicce pirossenloco-anfiboliche.

A. — Dioriti.

1. DIORITI MICACEE.

Questo tipo dioritico è prevalentemente sviluppato presso Varallo, dove costituisce la vetta e il fianco occidentale del Sacro Monte verso la Val Mastallone, prolungandosi a Nord verso Verzimo, mentre a S. O. riappare oltre la Sesia, dal Baraggiolo fin quasi a Crevola.

La roccia è a grana piuttosto grossa, ha aspetto granitoide, e ad occhio nudo risulta da una alternanza di plaghe bianche e nere, dovute le prime al feldspato, le altre, per la massima parte, alla biotite. Sulla frattura fresca è facilmente riconoscibile qualche grosso cristallo di ortoclasio geminato secondo Karlsbad. Vi è discretamente abbondante il granato disseminato irregolarmente e localizzato in certi punti, in forma di aggruppamenti di individui raramente terminati da limiti cristallini. Abbastanza spesso la roccia presenta tracce evidenti di struttura parallela, attribuibile alla tendenza degli elementi micacei a disporsi secondo piani paralleli.

I componenti essenziali della roccia sono: plagioclasio, ortoclasio, biotite; più scarsi: anfibolo, pirosseno, quarzo, granato; accessori: zircone, apatite, ortite, ossidi di ferro.

Per questa roccia, oltre allo studio microscopico di numerose sezioni sottili, abbiamo eseguito una separazione meccanica degli elementi mediante polverizzazione nel mortaio di Abich e trattamento della sabbia così ottenuta colla soluzione di Thoulet. In questo modo abbiamo potuto controllare e completare su granuli staccati e laminette di sfaldatura i risultati dello studio fatto sulle sezioni.

Il plagioclasio, che è l'elemento predominante, va riferito all'*andesina basica*. Tale determinazione specifica risulta dai dati seguenti:

Incl. mass. zona simm. 26°. In 3 geminati doppi tagliati nella zona di simmetria si misura:

1.	b = + 24°	c = — 9°
2.	b = + 20 1/2°	e = — 5 1/2°
3.	b = + 25°	e = — 8°

Lamine di sfaldatura secondo {001} estinguono a circa 4° dalla traccia della sfaldatura {010}. Lamine di sfaldatura parallele a {010} mostrano una direzione di estinzione che fa un angolo di circa 14° in senso negativo. Confronti col quarzo diedero:

$$\Delta_1 > 0 \quad \Delta_2 > 0 \quad \delta_1 > 0 \quad \delta_2 = 0.$$

Confronti coll'indice di rifrazione del balsamo:

$$\alpha' > n \quad \gamma' > n.$$

Il peso specifico di questo plagioclasio oscilla, secondo i granuli, tra 2.65 e 2.60. Questa andesina, quasi sempre perfettamente inalterata, è in plaghe granitoidi di dimensioni piuttosto costanti, senza tracce di contorni cristallini. Presenta larghe, regolari e nettissime le lamine di geminazione secondo {010}; assai meno frequenti sono le geminazioni secondo {001};

e molto più rare del consueto quelle secondo {010}. È notevole l'uniformità di composizione di questo plagioclasio, rilevata dalla costanza dei caratteri ottici e dalla mancanza di struttura zonare.

L'*ortoclasio*, subordinato al precedente, è per lo più in elementi notevolmente più grossi. Lamine di sfaldatura basale estinguono parallelamente alla traccia del piano di simmetria; lamine parallele a quest'ultimo estinguono a circa 3°-4° dalla traccia della {001}. Geminazione secondo Karlsbad molto diffusa. Accrescimenti regolari fra i due felspati non sono rari e costituiti generalmente da piccoli individui di plagioclasio inglobati nelle grosse plaghe di ortose colle quali hanno comune la {010} e l'asse verticale. Notevoli sono certe inclusioni minutissime ed incolore che si osservano in gran numero nelle sezioni di ortose. Tali inclusioni hanno forma irregolarmente lenticolare, e disposizione fra loro parallela. Sulla {010} mostrano andamento parallelo all'asse z . Il loro potere rifrangente è decisamente più energico di quello del minerale includente; la birifrazione alquanto più forte. Un'accurata ricerca, eseguita sopra un gran numero di sezioni, ci permise di trovarne alcune nelle quali le inclusioni presentano dimensioni alquanto maggiori, e si vedono attraversate da linee di sfaldatura nettamente espresse; taluna anche da lamelle di geminazione polisintetica. Tali caratteri permettono di affermarne la natura plagioclasica, della quale è prova altresì il graduale passaggio che qualche volta abbiamo potuto seguire, dall'aspetto normale di minute inclusioni a quello di concrescimento regolare in granuli di dimensioni notevoli e con caratteri diagnostici nettamente espressi.

Ai limiti tra l'ortoclasio e l'andesina è poi frequente osservare una zona costituita da granuli andesinici di medie dimensioni, tutti pieni di vermicolazioni quarzose. Il confine tra l'ortose e questi granuli è spesso assai curvo e sinuoso; anzi talvolta le plaghette di microimplicazione plagioclasico-quarzose si protrudono veramente entro i margini dei grossi individui del feldspato potassico.

La *biotite*, che fra gli elementi colorati della roccia è di gran lunga il più copioso, e in ordine di prevalenza assoluta segue immediatamente il plagioclasio, è in individui di dimensioni notevoli, e per lo più affatto inalterata. Il peso specifico determinato col mezzo della soluzione pesante è di circa 3.17. Il colore è molto intenso; il pleocroismo dal giallo bruniccio pallido al bruno rossastro scuro. La bisettrice acuta, negativa, è quasi $\perp$ a {001}. L'angolo degli assi ottici è estremamente piccolo; dispersione abbastanza marcata con $\epsilon < \nu$. Nei rari casi in cui palesa tracce di alterazione, si nota la presenza di piccoli granuli di magnetite secondaria lungo le screpolature. Inclusioni non molto abbondanti di apatite e di zircone. Eccezionalmente si osservano in alcune sezioni esempi di accrescimento micropoichilitico della biotite col quarzo.

L'*anfibolo* è un'orneblenda verde comune. Nella maggior parte dei casi il pleocroismo è a = giallo, b = verde carico alquanto bruniccio, c = verde scuro. Più raramente c ha un tono verde mare distinto, e alla periferia delle plaghe coi caratteri normali non è raro notare degli aghetti in posizione parallela coll'individuo principale, nei quali c è distintamente verde azzurro. L'estinzione sulle facce di sfaldatura prismatica raggiunge una inclinazione di 12°. Qualche geminato secondo {100}.

Il *pirosseno* che, come abbiamo detto, è molto scarso e spesso manca assolutamente, appare con relativa frequenza soltanto in quei campioni che rivelano di fare passaggio al gruppo dioritico seguente. Tale pirosseno è monoclinico e quasi costantemente in accrescimento parallelo coll'anfibolo, il quale ultimo occupa la zona esterna delle plaghe. Ha colore verde pallidissimo, pleocroismo appena sensibile; sulle facce di sfaldatura prismatica una dire-

zione di estinzione è inclinata di circa 36° sull'asse verticale. È ricco di inclusioni gasose; qualche volta ai limiti delle sezioni si vede circondato da un anello costituito da quella orneblenda verde azzurra della quale abbiamo parlato più sopra.

Il *quarzo* è sempre scarso, però in proporzioni molto variabili nelle diverse sezioni esaminate.

Il *granato*, come già si può rilevare dal solo esame macroscopico, è sparso nella roccia con molta irregolarità. È debolmente colorato in rosso, così da apparire perfettamente incolore nelle sezioni sottili. Qualche traccia di alterazione periferica in clorite.

Il più diffuso e il più appariscente fra gli elementi accessori è lo *zirconio*, notevole per le dimensioni dei suoi cristalli, che raggiungono spesso una lunghezza di $40/_{100}$ di mm. su una larghezza di $15/_{100}$ di mm., e per la nettezza delle forme cristalline, riconoscibili specialmente negli individui delle polveri separate colle soluzioni pesanti. Predominano le forme {100} {111}, alle quali si associa quasi costantemente una bipiramide ditetragonale, probabilmente {311} e, subordinatamente, il prisma di secondo ordine {100}. Esso è ricco di inclusioni, le une in forma di cilindretti allungati, le altre, gasose, in forma di cristalli negativi. Più rare sono sottili lamelle di biotite e di ilmenite.

Apatite pure molto diffusa, con inclusioni fluide, anche con libella gasosa, allungate secondo l'asse verticale dell'ospite.

L'*ortite*, in individui sempre piccolissimi, presenta qualche volta contorni cristallini ben definiti. Generalmente riconoscibili sono le forme {100}, {001}, tra le tracce delle quali sulla {010}, abbiamo potuto misurare un angolo piano di 117° . Meno ben definita, ma pure presente la $\{1\bar{0}1\}$. Piano degli assi ottici {010}; quindi nei prismetti staccati, allungati secondo *y*, il carattere ottico dell'allungamento è talvolta positivo, talvolta negativo. L'asse di massima elasticità ottica fa un angolo di circa 45° coll'asse *z*, nell'angolo β acuto. Pleocroismo: *a* = giallo bruniccio pallidissimo; *b* = bruno castagno scuro; *c* = bruno verdastro. Potere rifrangente forte; birifrazione abbastanza energica. Geminazione frequente secondo {100}. Gli ossidi di ferro sono rappresentati per la maggior parte da *ilmenite*. Rarissimo qualche granello di *calcite*.

Al Sacro Monte e presso Parmegiola si osservano, comprese nella diorite normale, delle lenticelle e delle masse irregolari aventi grana assai più minuta, e talvolta una struttura parallela così distinta che ad un esame superficiale possono essere interpretate come forme scistose. Queste facies minute della diorite micacea hanno composizione mineralogica affatto analoga a quella della forma tipica; ne differiscono solo, oltre che per le dimensioni più minute di tutti gli elementi, anche per una acidità un poco maggiore, manifestata da un meno scarso contenuto in quarzo, e dalla natura del plagioclasio, che sembra essere un termine intermedio dell'andesina. Il pirosseno e l'anfibolo mancano completamente.

2. DIORITI PIROSSENICHE.

È questo il più largamente diffuso fra i tre tipi di rocce dioritiche che crediamo di poter distinguere nella grande zona eruttiva della Val Sesia. Le dioriti pirosseniche stanno al lembo sud-est della zona, occupandovi una fascia, molto irregolare nella sua larghezza, il cui asse è presso a poco segnato dalla linea che congiunge la cima del Becco d'Ovaga colla Gula di V. Mastallone. Queste rocce sono caratterizzate dalla presenza costante tra

gli elementi essenziali di un pirosseno trimetrico; alquanto variabile invece è la natura degli elementi feldspatici, talora esclusivamente plagioclasici, cosicchè colla contemporanea diminuzione della mica e dell'anfibolo si passa a forme iperstenitiche, come si osserva nell'alta valle Vazzosa e sulla cresta del Becco d'Ovaga; altre volte invece molto ricchi di ortose, in modo che si hanno piuttosto dei tipi che si accostano alle sieniti. Anche per questa roccia si eseguì la separazione degli elementi mediante polverizzazione e l'uso delle soluzioni pesanti.

Componenti essenziali: plagioclasio, ortoclasio, pirosseno trimetrico, biotite; più scarsa l'orneblenda; accessori: quarzo, granato, zircone, apatite, ossidi di ferro.

Il *plagioclasio* è *andesina basica*.

Inclinaz. mass. zona simm. 29° .

Geminati doppi albite-Karlsbad diedero i seguenti valori:

	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>d</i>	<i>e</i>	<i>f</i>
1.	— 6°	— $6\frac{1}{2}^{\circ}$	— 7°	+ 20°	+ 21°	+ 22°
2.	— 13°	— 15°	— 17°	+ 24°	+ 25°	+ 26°
3.	— 15°	— $15\frac{1}{2}^{\circ}$	— 16°	+ 22°	+ 24°	+ 26°
4.	— 14°	— $14\frac{1}{2}^{\circ}$	— 15°	+ 26°	+ 27°	+ 28°
5.	— 10°	— 11°	— 12°	+ 25°	+ 26°	+ 27°
6.	— 13°	— $13\frac{1}{2}^{\circ}$	— 14°	+ 25°	+ 27°	+ 29°
7.	— 11°	— $11\frac{1}{2}^{\circ}$	— 12°	+ 23°	+ 25°	+ 27°
8.	— 10°	— 12°	— 14°	+ 26°	+ 27°	+ 28°

In un solo caso si ebbe:

$$- 5^{\circ} \quad - 6^{\circ} \quad - 7^{\circ} \quad + 13^{\circ} \quad + 16^{\circ} \quad + 19^{\circ}$$

risultato che meglio si accorda colle proprietà dell'andesina acida. Lamine di sfaldatura secondo {001} estinguono a 5° - 6° dalla traccia di {010}. Lamine di sfaldatura secondo questo pinacoide, mostranti anche tracce ben nette della sfaldatura prismatica, hanno una direzione di estinzione che fa 14° — 16° colla traccia della sfaldatura basale, nell'angolo acuto delle due sfaldature. Alcuni confronti col quarzo, limitati però a poche sezioni, causa la grande scarsità di questo minerale, diedero risultati concordanti colle altre determinazioni. L'aspetto del plagioclasio nelle sezioni sottili, per la costante freschezza, per la forma delle sue plaghe mancanti sempre di contorni cristallini, per le geminazioni e per l'assenza di struttura zonare, corrisponde perfettamente a quello dell'andesina basica delle dioriti micacee.

Il plagioclasio sembra essere di natura un poco più basica in alcuni campioni provenienti dall'alta valle Vazzosa; in modo particolare poi fa eccezione la diorite pirossenica della Cava di S. Giovanni, nella quale il plagioclasio presenta i caratteri di una labradorite $Ab_3 An_1$: Incl. mass. zona simm. 39° .

Geminato doppio albite-Karlsbad:

$$a \quad b \quad c \quad d \quad e \quad f \\ - 21^{\circ} \quad - 21\frac{1}{2}^{\circ} \quad - 22^{\circ} \quad + 39^{\circ} \quad + 40^{\circ} \quad + 41^{\circ}$$

L'*ortoclasio*, come abbiamo detto, prende parte alla composizione di queste rocce in proporzioni molto variabili. Non insistiamo sui caratteri di questo minerale, perchè identici a quelli descritti nelle rocce del gruppo precedente, non escluse le inclusioni microscopiche di natura plagioclasica.

Il *pirosseno* trimetrico, sempre molto abbondante, ha caratteri che oscillano nei diversi campioni esaminati fra quelli di una *bronzite* molto ferrifera e quelli di un *ipersteno*. E in individui costantemente sprovvisti di limiti cristallini, e generalmente un po' allungati nel senso dell'asse verticale. Delle sfaldature, le più evidenti, benchè interrotte, sono le prismatiche; pure bene espressa quella secondo {010}; qualche frattura grossolanamente parallela alla {100}; frequenti le screpolature casuali, accentuate dalla separazione di ossidi di ferro. Il colore in sezione sottile è poco intenso; relativamente debole il pleocroismo con:

a = rossiccio.

b = giallo rossastro.

c = verde pallido.

In granuli staccati, il pleocroismo è naturalmente più forte, ed i toni rosso arancio e verde sono più distinti. Molto copiose sono le ben note inclusioni lamellari, bruno violacee, disposte al solito parallelamente alla {010}, con allungamento prevalente secondo l'asse γ .

Il *pirosseno* trimetrico, e insieme con esso l'anfibolo e la biotite, hanno una marcata tendenza ad aggrupparsi in plaghe, costituite esclusivamente dalla riunione dei tre elementi colorati della roccia. Qualche volta si tratta di un vero accrescimento regolare dei due metasilicati, i quali hanno comune l'asse verticale, mentre la {100} dell'anfibolo coincide colla {010} del *pirosseno*.

Una singolare ed elegantissima particolarità di struttura presenta talora il *pirosseno*, specialmente in alcuni campioni provenienti dalle vicinanze della Gula di Val Mastallone. Essa consiste in certe plaghe *pirosseniche* a forma di corona o di fasci a ventaglio, che circondano e si dipartono dalle maggiori plaghe formate dalla riunione degli elementi colorati della roccia, e sono costituite dall'aggruppamento di numerosissimi individui cristallini, allungati, bacillari, per la maggior parte isorientati, i quali nel loro complesso vengono a disegnare delle curiose frangie e delle capricciose dentellature.

Il *pirosseno*, nella maggior parte dei casi inalterato, si mostra però qualche volta totalmente o parzialmente trasformato in prodotti di alterazione, fra i quali predomina la *bastite*, ben distinta per la sua struttura fibrosa. La birifrazione è assai varia a seconda della direzione nella quale le sezioni sono tagliate, corrispondentemente alla differenza tra γ e β ($\gamma - \beta = 0,001$), ch'è molto meno sensibile di quella che vi è tra β e α ($\beta - \alpha = 0,010$); si hanno così delle sezioni la cui birifrangenza è superiore a quella delle plaghe di *pirosseno*. Siccome l'asse α è perpendicolare alla sfaldatura, le sezioni hanno sempre allungamento positivo nel senso delle tracce della sfaldatura stessa. Il colore è verdiccio, con debole pleocroismo; però i raggi vibranti parallelamente alle fibre sono assorbiti un po' più, e con tinta più verde, di quelli vibranti perpendicolarmente. Frequenti le screpolature con andamento sinuoso, trasversali alla fibrosità.

Altre volte, benchè in casi assai più rari, il *pirosseno* colla sua alterazione ha dato origine ad un anfibolo di tipo uralitico, le cui fibrille si trovano anche frammiste alla sostanza *bastitica*, dove la loro presenza è rivelata dal maggiore rilievo, dalla tinta verde più schietta e dalla estinzione inclinata.

Accessorio è il *pirosseno monoclinico*, che si osserva soltanto nelle forme più micacee, e nelle forme minute.

La *biotite*, discretamente abbondante nelle dioriti *pirosseniche* della Val Mastallone e della Val Grande, ed assai più scarsa invece in alcune forme molto *pirosseniche* della valle

Vazzosa, è quasi perfettamente uniassica; ha colore bruno rossastro molto cupo, col consueto pleocroismo; contiene numerosissime inclusioni di apatite; rarissime le tracce di alterazione.

L'*orneblenda* appare in proporzioni variabili nei diversi campioni esaminati, ma sempre notevolmente subordinata alla mica. Manca di contorni cristallini ed ha marcata tendenza ad associarsi al pirosseno, in aggregati dei quali di solito il pirosseno occupa il centro, e l'*orneblenda* la periferia. I toni del pleocroismo sono:

a = giallo chiaro.

b = verde bruno.

c = verde scuro.

Il *quarzo* manca affatto od è estremamente scarso nella maggior parte dei casi; solo alcune sezioni, tagliate in campioni raccolti a poca distanza dalle formazioni scistose, ne contengono una quantità apprezzabile.

Notevole è l'aspetto del *granato*, il quale, rarissimo però, circonda a guisa d'anello le plaghe dei silicati colorati. È di colore roseo estremamente pallido e vi sono numerosissime, così da rendere talora quasi opaco l'ospite, le inclusioni di ossidi di ferro in minute e fittissime forme vermicolari o dendritiche, elegantemente aggruppate in fasci radianti.

Zircone e *apatite* assai comuni; il primo ordinariamente in nettissimi cristallini.

Gli *ossidi di ferro*, oltrechè nel *granato*, presentano nel pirosseno, e più raramente nell'*anfibolo* e nella mica, le stesse forme raggiate o arborescenti.

Come nella diorite micacea, e con assai maggiore frequenza, si notano nelle forme normali ora descritte porzioni aventi composizione mineralogica identica, ma tessitura più minuta. In alcune località, e specialmente allo sbocco della Val Mastallone, questo fenomeno si esagera in tal modo che la roccia viene ad assumere le apparenze di un grossolano conglomerato, risultante da masse angolose, ciottoliformi, della forma minuta, inglobate e quasi cementate dalla forma normale più grossolana.

3. DIORITI ANFIBOLICHE.

Le dioriti anfiboliche prevalgono presso lo sbocco della Val Mastallone e nella valle principale della Sesia fra Varallo e Morca, senza però occupare un'area determinata, e facendo frequenti passaggi al tipo micaceo ed al pirossenico.

Macroscopicamente i minerali più facili a distinguersi sono l'*anfibolo* in cristalli nerastri allungati, con facce di sfaldature nette e brillanti, e il *plagioclasio* pure in plaghe piuttosto larghe, torbido e bianco, qualche volta distintamente roseo. Mancano i grossi interclusi di ortose così frequenti nella diorite micacea; frequenti le forme minute col già descritto aspetto brecciato.

Componenti essenziali: *plagioclasio* e *anfibolo*, dominanti; più scarsi: *biotite* e *pirosseno* trimetrico; accessori: *pirosseno* monoclinico, *ortose*, *quarzo*, *clorite*, *epidoto*, *zoisite*, *titanite*, *apatite*, *zircone*, *ossidi di ferro*.

Il *plagioclasio* è sempre *labradorite* e nella maggior parte dei casi sembra corrispondere ad una miscela $Ab_3 An_1$.

Inclinaz. mass. zona simm. variabile secondo le sezioni da 34° a 40° .

I geminati doppi albite-Karlsbad sono scarsi; alcuni tra i migliori diedero:

	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>d</i>	<i>e</i>	<i>f</i>
1.		— 15°			+ 30°	
2.	— 18°	— 18 1/2°	— 19°	+ 37°	+ 39°	+ 41°
3.	— 22°	— 24 1/2°	— 27°	+ 37°	+ 38°	+ 39°
4.	— 23°	— 24°	— 25°	+ 35°	+ 37°	+ 39°

Lamine di sfaldatura secondo la base mostrano una direzione di estinzione inclinata di 11°-12° sulla direzione dell'asse *x*. Lamine di sfaldatura {010} estinguono a 22°-27° dalle tracce di sfaldatura basale, nell'angolo acuto che queste formano colla sfaldatura prismatica. Da confronti col quarzo risulta che gli indici di rifrazione di questo minerale sono sempre inferiori a quelli del plagioclasio. Qualche traccia di struttura zonale, sempre poco chiaramente espressa. Non di rado il plagioclasio presenta segni evidenti di alterazione, manifestata da intorbidamento, con separazione di prodotti caolinici e di minuti granuli di zoisite. Curvature, fratture, ed altri fenomeni dinamometamorfici sono avvertibili in parecchi casi.

L'*ortoclasio*, che non prende parte ordinariamente alla composizione della roccia, si osserva solo in alcuni esemplari come elemento accessorio.

Ordinariamente l'elemento *anfibolo* è rappresentato da una comune orneblenda verde in individui prismatici, un po' allungati, mai terminati, col pleocroismo seguente:

- a* = giallo bruno pallido.
- b* = bruno verdastro.
- c* = verde bruno, con *b* circa = *c*.

Estinzione sulla {010} inclinata di circa 17° sulle tracce, sempre molto nette, di sfaldatura prismatica. Geminazioni frequenti secondo {100}. — È notevole in questa orneblenda la quasi costante presenza di inclusioni lamellari, brune, di aspetto affatto identico a quelle dell'ipersteno, disposte col loro piano di tabularità parallelo alla faccia {100} del minerale includente, e ordinate in serie lineari parallele all'asse *y* dell'anfibolo stesso. La natura ilmenitica di tali inclusioni ci sembra provata dal graduale passaggio, bene visibile in alcune sezioni, fra le lamelle brune trasparenti e i grossi individui opachi di ilmenite. Più di rado il colore dell'anfibolo passa al bruno, e in taluni casi, come in certi campioni provenienti dalla valletta della Bagnola, fra la valle di Camasco e la Barattina, abbiamo potuto determinare:

- a* = giallo pallidissimo quasi incolore.
- b* = bruno rossiccio pallido.
- c* = bruno giallo pallido.

Questa orneblenda estingue sulle facce di sfaldatura a 13° dall'asse *z*, e sembra avere birifrazione alquanto più forte di quella verde comune. Intorno ad alcune inclusioni di zirconio si vedono distinte aureole policriche di colore verde carico.

Tanto questa varietà di orneblenda, quanto la precedente, sono spesso accompagnate da una terza qualità di anfibolo fibroso, corrispondente a quello che i petrografi tedeschi chiamano: *'schilfige Hornblende*. Esso ha caratteri che si avvicinano a quelli dell'actinoto, birifrazione più energica che non l'orneblenda e il pleocroismo seguente:

- a* = pressochè incolore.
- b* = gialliccio chiaro.
- c* = verde mare, o verde azzurro pallido.

È in piccoli individui prismatici, allungatissimi, riuniti in fasci non perfettamente paralleli; occupa i bordi o il centro delle larghe sezioni di orneblenda comune ed è approssimativamente isorientato con essa. La sua origine secondaria sembra potersi affermare con sicurezza; noi crediamo ravvisare il minerale originario in un pirosseno monoclinico, che si osserva pure qua e là inalterato, in accrescimento parallelo coll'orneblenda.

La *biotite*, molto irregolarmente diffusa, appare in proporzioni notevoli soltanto in alcuni campioni raccolti allo sbocco della Val Mastallone, sulla sinistra del torrente. Non occorre insistere sui caratteri del minerale inalterato, che sono affatto normali; dobbiamo accennare invece ad un prodotto di alterazione che si vede spesso formare delle lenticelle molto allungate disposte fra le lamelle del minerale micaceo. L'asse d'allungamento delle sezioni di queste lenticelle è parallelo alle sfaldature della *biotite*, ma, specialmente a luce polarizzata, si può notare nel minerale secondario una fibrosità in senso perpendicolare a tale direzione. Le fibre hanno sempre estinzione parallela all'allungamento, ch'è otticamente positivo, quindi le lenticelle nella direzione del loro asse maggiore si mostrano negative. Il minerale in questione è affatto incolore, la birifrazione n'è abbastanza energica, cosicchè in sezioni di spessore normale i colori di interferenza vanno dal giallo di primo ordine all'azzurro del secondo; il potere rifrangente, e conseguentemente il rilievo, sono forti: confronti col balsamo mostrano che l'indice di rifrazione di questo è sempre marcatamente inferiore anche al minimo del minerale. La mancanza di struttura lamellare, la disposizione delle fibre normale alla lamellarità della *biotite* e la birifrazione relativamente troppo bassa escludono l'ipotesi della muscovite. Non può trattarsi di quarzo, perchè troppo forte è il potere rifrangente; per questa stessa ragione e pel carattere ottico delle fibre, non di calcedonio. Finalmente il carattere ottico, costantemente positivo, dell'allungamento non può accordarsi colle proprietà dell'*epidoto*. La fibrosità del minerale e l'esiguità dei singoli individui non permettono indagini ottiche più particolareggiate; crediamo tuttavia probabilissimo trattarsi di sillimanite d'origine secondaria.

Il *pirosseno trimetrico*, piuttosto scarso, è quasi sempre completamente trasformato in *bastite*. Questa mostra talvolta perfettamente conservate le inclusioni brune lamellari caratteristiche del pirosseno originario. Al *pirosseno monoclinico*, accessorio e per lo più alterato in anfibolo fibroso, abbiamo accennato a proposito di quest'ultimo. *Quarzo* estremamente scarso in alcune sezioni, e nella più gran parte mancante affatto. Qua e là si notano alcune piccole plaghe granulari di quarzo secondario. Frequente è la *clorite*, come prodotto di alterazione degli anfiboli e della *biotite*, con birifrazione estremamente bassa e pleocroismo sensibile dal giallo pallidissimo al verde chiaro. Contiene inclusioni granulari di natura epidotica. Qualche plaga di *epidoto*, pure secondario, di maggiori dimensioni, si nota anche sparsa nella roccia. *Titanite* in grossi granuli, ma raramente presente. *Apatite*, *zirconio* e *ossidi di ferro*, che sembrano per la maggior parte almeno costituiti da *ilmenite*, molto diffusi coi consueti caratteri.

Al gruppo delle dioriti anfiboliche può pure riferirsi una roccia che si osserva, poco a Nord di Verzimo, in stretta connessione colla diorite anfibolica comune, della quale non è che una modificazione locale, differendone macroscopicamente per la disposizione strati-forme dei suoi elementi, la quale impartisce alla roccia una struttura parallela, e nella composizione mineralogica per la grande abbondanza del pirosseno monoclinico che sostituisce completamente il trimetrico, come pure per la tinta molto bruna dell'orneblenda.

Il feldspato è la solita *labradorite*.

B. — Rocce gabbriche.

1. NORITI PROP. DETTE.

Le noriti appartenenti a questo gruppo si osservano, sempre a contatto o a poca distanza dalle masse lherzolitiche, sopra l'alpe Campo in Val Sabbiola, ed in Val Grande poco sotto Balmuccia. Queste rocce, di aspetto molto costante, hanno abito massiccio e struttura eminentemente granulare, data dalle dimensioni uniformi dei loro elementi; nella massa bianca formata dai granuli feldspatici, spiccano in tinta bruno-grigia numerosissimi e regolarmente distribuiti gli individui pirossenici, aventi come quelli di feldspato dimensioni oscillanti intorno a mm. $1\frac{1}{2}$.

All'esame microscopico la roccia risulta composta essenzialmente da plagioclasio e pirosseno trimetrico. Subordinatamente vi appare il diallagio, e come elementi affatto accessori l'orneblenda, la biotite, la zoisite, il clinocloro, il rutilo, gli ossidi di ferro.

Quantunque l'esame macroscopico non lo lasci supporre, lo studio delle sezioni sottili permette di riconoscere in tutta la roccia segni evidenti di fenomeni dinamometamorfici, i quali in modo speciale interessano gli individui feldspatici, manifestandosi in forma di fratture, di curvature e conseguenti estinzioni ondulate, o con la produzione di una miscela granulare clastica, spesso riunita a costituire vene di frantumazione. Si può notare che a differenza di quanto avviene ordinariamente nelle rocce gabbriche, il pirosseno trimetrico, pur non possedendo in generale contorni cristallini ben definiti, è in granuli con spiccata tendenza all'idiomorfismo, mentre il plagioclasio, almeno in gran parte, sembra essere di formazione posteriore. Esso costituisce tuttavia granuli equidimensionali, contribuendo ad impartire alla roccia un abito quasi panidiomorfo.

La determinazione specifica del plagioclasio è resa difficile dai fenomeni di cataclasi testè descritti e dalla poca regolarità delle lamelle di geminazione secondo la legge dell'albite e del periclino, quest'ultima frequentissima, mentre quella di Karlsbad manca affatto. Le lamelle hanno spesso forma lenticolare, e sono riunite a fasci, sfrangiate o sfumate alla estremità. Non è improbabile che, almeno in parte, si tratti di una geminazione secondaria dovuta ad effetti meccanici. L'estinzione nella zona perpendicolare a {010} è inclinata di un angolo massimo di 50° ; lamine di sfaldatura secondo {010} estinguono a 35° dalle tracce della base. Si tratta quindi di un plagioclasio molto vicino alla *anortite*.

Il *pirosseno trimetrico*, in cristalli tozzi, è una bronzite molto ricca di ferro, passante ad iperstenio. Le tinte sviluppate dal pleocroismo sono:

- a = rossiccio chiaro.
- b = giallo pallidissimo.
- c = verdiccio appena sensibile.

Oltre le sfaldature prismatiche, è sempre visibile, nettissima, quella secondo {010}. Le consuete lamelle brune, disposte parallelamente alla {010}, vi sono numerosissime. Per lo più il minerale è inalterato; qualche volta però è in parte o del tutto trasformato in bastite ovvero in una sostanza minutamente squamosa, polarizzante molto vivacemente, di natura talcosa. Più raro, come prodotto di alterazione, un anfibolo fibroso color verde mare. Di molto subordinato al trimetrico ed irregolarmente distribuito è il *pirosseno monoclinico*, con spiccato abito di diallagio. Ha tinta verde bruniccia pallidissima, pleocroismo non

avvertibile in sezione sottile. Le tracce dei piani di separazione {100} sono sempre molto chiare e rese più appariscenti dalla infiltrazione di prodotti neri opachi. La birifrazione è sensibilmente più forte di quella del pirosseno trimetrico. Anche nel diallagio, come del resto, benchè in minor grado, nel pirosseno rombico, sono avvertibili flessioni e fratture dovute al dinamometamorfismo, la cui azione dicemmo così manifesta nel plagioclasio.

L' *orneblenda*, scarsissima, è in piccoli individui generalmente associati ai pirosseni o con essi regolarmente concresciuti e disposti in modo che in plaghe di tale natura si vede l'anfibolo occupare la zona periferica e il diallagio la parte centrale. I colori del pleocroismo sono:

- a = giallo pallido.
- b = bruno rossiccio.
- c = bruno giallo.

Al margine esterno delle plaghe pirossenico-anfiboliche, cioè al contatto fra l'orneblenda bruna e il plagioclasio, si nota spesso una terza zona costituita da un accrescimento di microimplicazione fra il pirosseno trimetrico in granuletti e vermicolazioni e l'elemento feldspatico. Abbiamo così un principio di struttura centrica, limitata del resto in questa roccia a questo solo caso, colla successione seguente dall'interno all'esterno: pirosseno trimetrico, orneblenda bruna, zona di microimplicazione, plagioclasio. La zona intermedia di anfibolo può, in qualche raro caso, mancare.

La *biotite* è estremamente rara e sembra in alcuni tipi sostituire l'orneblenda bruna.

Fra i minerali secondari vanno annoverati la *zoisite*, presente solo quando il feldspato è parzialmente alterato; il *clinocloro* lamellare, come riempimento di venuzze e di fratture; *rutilo*, rarissimo, in granuletti giallo-bruni circondati da *ossidi di ferro*. Questi sono diffusi ovunque nella roccia.

2. NORITI CON ANFIBOLO.

Queste rocce, che occupano un'area abbastanza estesa nella zona eruttiva, si possono osservare nel loro massimo sviluppo nella Val Mastallone, da Cravagliana fin quasi al Baraccone; in Val Bella; come pure in Val Sabbiola, da Prà dell'Oro a Montata. L'aspetto è massiccio; la struttura granulare quasi saccaroide, con minore uniformità nelle dimensioni degli elementi di quella che è caratteristica delle noriti propr. dette.

Predominante fra gli elementi essenziali della roccia è il plagioclasio. I suoi caratteri sono i seguenti:

Estinz. mass. zona simm. 39°.

Scarsa la geminazione del periclino; a quella dell'albite, costante, frequentemente si associa la legge di Karlsbad. Geminati doppi ci permisero di misurare:

	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>d</i>	<i>e</i>	<i>f</i>
1.	— 19°	— 20°	— 21°	+ 36°	+ 36 1/2°	+ 37°
2.	— 17°	— 17 1/2°	— 18°	+ 34°	+ 38°	+ 42°
3.	— 14°	— 14 1/2°	— 15°	+ 35°	+ 37°	+ 39°
4.	— 15°	— 18 1/2°	— 22°	+ 32°	+ 38°	+ 44°
5.	— 20°	— 21°	— 22°	+ 36°	+ 38°	+ 40°
6.	— 18°	— 19°	— 20°	+ 35°	+ 37°	+ 39°
7.	— 11°	— 12°	— 13°	+ 30°	+ 33°	+ 36°

Abbiamo potuto trovare in una sezione un individuo tagliato in modo quasi perfetto parallelamente alla {010}; scomparse affatto le tracce della geminazione dell'albite; evidentissima quella di Karlsbad; evidenti pure nei due individui geminati le sfaldature basali; l'angolo piano fra i due sistemi fu trovato eguale a 126° ; l'angolo ω , vale a dire dei due angoli supplementari che fanno fra loro le due direzioni di estinzione otticamente negative quello che ha comune la bisettrice coll'angolo piano delle due tracce di sfaldatura, fu misurato di 79° ; l'estinzione riferita alle tracce di sfaldatura basale fu osservata nei due individui rispettivamente di 23° e 24° in senso negativo.

Il complesso di questi caratteri permette di riferire con sicurezza il plagioclasio ad una *labradorite* piuttosto basica.

L'elemento pirossenico è rappresentato da *pirosseno trimetrico* e da *pirosseno monoclinico* con prevalenza del primo. Esso è di colore abbastanza carico così da avvicinarsi piuttosto all'ipersteno che alla bronzite. Il pleocroismo è:

- a = rossiccio.
- b = giallo chiaro.
- c = verde mare chiaro.

Sfaldature normali; scarse le inclusioni lamellari; alterazione in bastite raramente avvertibile. Il pirosseno monoclinico è di colore verde pallido, con pleocroismo non sensibile. La sfaldatura prismatica è più marcata che non la divisibilità secondo {100}; si possono però ottenere, polverizzando la roccia, lamelle secondo questo piano, le quali a luce convergente lasciano riconoscere l'emergenza di un asse ottico fortemente inclinato. Geminati secondo {100} non rari, anche a lamelle multiple. Anche in questo minerale si osservano, ordinate parallelamente al primo pinacoide, le stesse inclusioni brune dell'ipersteno con vario allungamento: ora secondo l'asse *y*, ora secondo l'asse *z*. Non è molto evidente il carattere diallagico del minerale, il quale in talune sezioni ha piuttosto abito augitico.

Poco meno diffusa dei pirosseni è l'*orneblenda*, nella massima parte dei casi del solito color verde cupo, mentre in alcuni campioni le tinte sviluppate dal pleocroismo sono:

- a = giallo chiaro.
- b = bruno cupo.
- c = bruno giallo intenso.

Questi tre elementi colorati della roccia sono spesso fra loro associati e si notano plaghe costituite da un triplice regolare accrescimento secondo la consueta legge.

Rara la *biotite*, le cui squamette sono per lo più aderenti ai granuli di *ossidi di ferro*; questi sono discretamente abbondanti. Accessori: *pirrotina*, *zircone*, *apatite*.

3. GABBRI.

Per l'aumento del pirosseno monoclinico, le noriti passano gradatamente ai veri gabbri; l'intima connessione di queste diverse rocce si può studiar bene in Val Grande, dove alla diorite pirossenica tra Valmaggia e Morca segue il vero gabbro, il quale poi alterna con noriti, comprende la massa lherzolitica, e si può seguire fino quasi a Balmuccia. Macroscopicamente esso non presenta particolarità degne di nota; verso Morca e Valmaggia la roccia

ha abito quasi dioritico, mentre ai confini con la peridotite l'aspetto è quasi identico a quello delle noriti: la grana è relativamente abbastanza fina.

Gli elementi essenziali riconoscibili con lo studio microscopico sono: pirosseno monoclinico, pirosseno trimetrico, plagioclasio.

Il *pirosseno monoclinico* è tipico diallagio, nel quale oltre alle sfaldature prismatiche e alla separabilità {100} si può constatare una pseudosfaldatura pure assai marcata parallela alla base {001}. Ha colore bruniccio abbastanza carico, ed è, almeno dal lato chimico, perfettamente inalterato: non così dal lato meccanico, poi che spesso la roccia tutta ha subito energiche azioni dinamiche, le cui tracce, non solo in questo ma in tutti gli altri minerali componenti, sono chiare e visibilissime. Tra le inclusioni vanno ricordate squame di biotite, e granuli o lamelle di orneblenda e di pirosseno trimetrico.

Questo va riferito all'*ipersteno*, del quale presenta anche in sezione il pleocroismo ben noto, e le caratteristiche inclusioni lamellari brune, trasparentissime quando sono estremamente sottili, ma che si vedono spesso, almeno in parte, dove sono più grosse, diventare perfettamente opache e assumere lucentezza metallica a luce riflessa, ciò che ne giustifica il riferimento probabile alla ilmenite.

L'*ipersteno* sembra essere costantemente più antico del diallagio; le larghe plaghe di questo includono spesso completamente grossi individui del minerale trimetrico. Alla periferia esso presenta spesso una bordatura verde costituita da actinolite in sottili fibre intrecciate; queste sono certamente di origine secondaria, e si possono spesso vedere anche nelle screpolature dell'*ipersteno*. Dove però l'alterazione è più avanzata, ciò che non è raro, l'elemento pirossenico rombico è più o meno completamente sostituito da prodotti serpentinosi di aspetto bastitico, o da quel minerale lamellare molto birifrangente, da noi già citato più indietro, e di natura probabilmente talcosa; in ambi i casi però tra questi prodotti d'alterazione sono annidati in buon numero aghetti d'actinoto di un bel verde vivace.

Fra gli elementi colorati della roccia vanno poi citati come accessori l'*orneblenda* e la *biotite*. La prima è in quantità varia, ma per lo più molto scarsa; rarissimo è che le sue proporzioni aumentino al punto di far passare la roccia ad un gabbro ad orneblenda. Essa è sempre bruna con energico pleocroismo:

- a = giallo bruniccio chiaro
- b = bruno caffè
- c = bruno giallo un po' verdastro.

Assorbimento $b > c > a$.

La biotite, fresca, di colore molto carico, si osserva specialmente vicino al passaggio tra i gabbri e le dioriti; per lo più si tratta di poche squamette, spesso aderenti ai più grossi granuli di magnetite.

Il *plagioclasio*, fresco in generale, solo qua e là, dove il dinamometamorfismo fu più energico, mostra un principio di produzione di zoisite ed epidoto. La geminazione dell'albite è dominante, con lamelle irregolari ed ineguali; affatto subordinata la legge del periclinio. Il massimo di inclinazione della estinzione nella zona simmetrica fu da noi riscontrato = 39°. Una sezione parallela alla {010}, nella quale l'angolo piano fra le tracce delle due sfaldature caratteristiche fu misurato = 116°, ci permise di constatare che la direzione di estinzione negativa fa, nell'angolo acuto delle due sfaldature, cioè in senso negativo, un angolo = 26° con le tracce della {001}. Si tratta quindi d'una *labradorite* basica, prossima ad $Ab_3 An_1$.

Magnetite e *pirrotina* affatto accessorie; scarsissima l'*apatite*.

4. GABBRI GRANATIFERI.

I campioni studiati provengono dal *Baraccone* in Val Mastallone; dalla valletta di Ender Wasser sotto Rimella; dalle vicinanze di Campello Monti nell'alta Valle Strona; e inoltre dalle vicinanze di Balmuccia in Val Grande, dove queste rocce alternano colle noriti.

I gabbri granatiferi, che sono macroscopicamente fra le più caratteristiche rocce eruttive, presentano un elegante aspetto policromo determinato dalla alternanza di tre tinte molto spiccate: il rosso scuro del granato, il verde nero del pirosseno, e il bianco, spesso traente al verdastro, dell'elemento feldspatico; l'aspetto è massiccio, la grana piuttosto grossa.

Il *feldspato*, di natura plagioclasica, è quasi costantemente saussuritizzato, cioè alterato con formazione di prodotti secondari che lo rendono torbido; tra questi ha un grande predominio la zoisite in fitti aggregati. Dove l'alterazione è meno progredita si notano segni non dubbi di energiche azioni meccaniche, e tra le deformazioni da queste prodotte devono forse essere considerate anche, in taluni casi, certe mal definite lamelle di geminazione secondo l'albite ed il periclino. Poche misure in sezioni della zona simmetrica hanno dato come valore massimo per l'estinzione una inclinazione di 42° . Confrontando gli indici di rifrazione del feldspato con quello del balsamo si constata che questo è sempre di molto inferiore. Nulla si può affermare di preciso sulla natura di questo plagioclasio; è certo soltanto che si tratta di un termine molto basico.

Nelle sezioni microscopiche il *pirosseno* monoclinico, molto abbondante, dà larghe plaghe irregolari, i cui rapporti strutturali col plagioclasio sono molto variabili e resi ancor più incerti dalla quasi costante intromissione del granato fra i due minerali. Il colore, debolissimo in sezione sottile, è bruniccio o verdiccio; solo eccezionalmente si può avvertire un debole pleocroismo con $a = \epsilon$ = giallo verdiccio, $b = \epsilon$ = bruno rossiccio chiaro. Le sfaldature dominanti del minerale pirossenico sono le prismatiche; a queste si aggiungono, altrettanto chiaramente espresse, quelle secondo $\{100\}$ e $\{010\}$; quest'ultima, non raro esempio nei gabbri, è più dell'altra evidente e resa ancor più appariscente da certe sottili lamelle di anfibolo bruno che appunto secondo la $\{010\}$ si osservano in gran numero intercalarsi nel pirosseno, partendo a modo di sottili apofisi da un anello dello stesso anfibolo bruno che non di rado circonda, in modo più o meno completo, il pirosseno. L'anello e le lamelle hanno la stessa orientazione ottica; anfibolo e pirosseno sono poi regolarmente coneresciuti, avendo in comune gli assi delle y e delle z . Questo anfibolo ha i caratteri di una *orneblenda* bruna, con forte pleocroismo:

a = giallo chiaro

$b = \epsilon$ = bruno giallastro carico.

Talora esso è a sua volta circondato da una sottile e interrotta zona di *actinoto* verde mare.

Accessorio è il *pirosseno trimetrico*, quasi sempre trasformato in *bastite* o in *actinolite* fibrosa. Nei rari casi in cui è inalterato, il suo colore abbastanza intenso in tinte che vanno dal rossiccio al verde chiaro ne attesta la natura ferrifera.

Il *granato* è fra i componenti essenziali della roccia, in taluni casi in proporzioni non inferiori a quelle del pirosseno. È quasi incolore in sezioni di spessore normale e contiene numerosi microliti lineari, neri, opachi, di natura incerta. È notevole la disposizione di questo minerale, che circonda a guisa d'anello gli individui pirossenici, separandoli dal

feldspato. Si ha così una struttura centrica molto manifesta, colla successione seguente dall'interno all'esterno: pirosseno, anfibolo, granato. Merita particolare attenzione anche la grande abbondanza del granato in questa roccia, poichè è noto quanto esso sia raro come elemento originario nelle rocce gabbriiche, e come solo appaja in gran copia in vari tipi profondamente dinamometamorfosati. Non escludiamo che a fenomeni secondari di tale natura sia da attribuirsi la formazione del granato nei nostri gabbri, nei quali le deformazioni meccaniche, come già accennammo, sono numerose ed evidenti; non possiamo tacere però che a queste modificazioni dovute ad azioni dinamiche sembra essersi quasi completamente sottratto il diallagio, che pure ordinariamente è il primo a risentirne gli effetti, colla trasformazione in anfibolo fibroso.

La *zoisite*, abbondante nell'interno dei plagioclasii più profondamente alterati, forma pure dei ciuffi o dei gruppi raggiati a ventaglio che si dipartono dalla periferia degli individui di granato.

Scarsissima l'*apatite* in grossi prismi; raro lo *spinello*; *clorite* nelle litoclasii; *ossidi di ferro* qualche volta molto abbondanti, specialmente in alcuni campioni provenienti dalle vicinanze del Baraccione.

5. GABBRI OLIVINICI.

Come forme speciali di rocce gabbriiche, caratterizzate dalla presenza dell'olivina, vanno distinte alcune rocce che, con limitato sviluppo, si sostituiscono localmente alle noriti anfiboliche presso Cravagliana e Nosuggio in Val Mastallone.

Di aspetto macroscopico poco dissimile da quello delle noriti che li comprendono, i gabbri olivinici si avvicinano alquanto alle rocce ascritte al gruppo precedente per la presenza del granato, spesso riconoscibile già ad occhio nudo. Quantunque vi sia sempre abbondante il contenuto in plagioclasio, talvolta queste rocce presentano una tinta molto scura.

Il plagioclasio è una *labradorite* di poco più basica del termine $Ab_3 An_4$.

Estinzione mass. zona simmetrica = 42° .

Geminati doppi danno:

$$\begin{array}{ll} 1. & - 10^\circ - 10 \frac{1}{2}^\circ - 11^\circ \qquad + 30^\circ + 30 \frac{1}{2}^\circ + 31^\circ \\ 2. & - 8^\circ - 10 \frac{1}{2}^\circ - 13^\circ \qquad + 27^\circ + 29 \frac{1}{2}^\circ + 32^\circ. \end{array}$$

Lamine di sfaldatura parallele alla base estinguono a circa 8° . Lamine parallele alla {010} estinguono a circa 20° . La legge di geminazione del periclinio è poco diffusa relativamente a quella dell'albite predominante; non rara quella di Karlsbad. Si osserva qualche volta, appena espressa, una struttura zonale. Sono frequenti nel plagioclasio delle inclusioni in forma di piccoli prismi o cilindretti (circa 20μ di lunghezza per circa 3μ di larghezza) costituiti in parte da una sostanza nera opaca, mentre l'estremità opposta dell'inclusione risulta da un minerale limpido, debolmente verdognolo, il cui indice di rifrazione è di molto superiore a quello dell'ospite. Tali inclusioni sono disposte colla loro direzione di massimo allungamento parallela all'asse verticale del plagioclasio che le comprende.

L'*olivina*, che appare in queste rocce in proporzioni quantitative molto variabili, è in grossi granuli, generalmente inalterata, ricca di pori a gas, con qualche inclusione di magnetite o ilmenite. Ha colore gialliccio pallido anche in sezione sottile, rivelando così di

essere molto ferrifera. L'alterazione serpentinoso non appare che perifericamente ed in rarissimi casi; rara pure la produzione di talco in gruppi raggiati di squamette, mescolate a grandissima quantità di ossidi di ferro; questi ultimi invece costituiscono il prodotto normale dell'alterazione del minerale olivino, e si possono vedere in gran copia riempire tutte le screpolature e le fessure dalle quali l'olivina è attraversata. Ordinariamente ben riconoscibili sono le tracce, sottili ed interrotte, della sfaldatura secondo {010}. A luce convergente si può constatare che il piano degli assi ottici è perpendicolare a queste tracce.

Il *pirosseno monoclinico*, verdognolo e poco pleocroico, ha per quanto riguarda le tracce di sfaldatura piuttosto abito di augite che di diallagio; dominano le sfaldature prismatiche; qualche geminato secondo {100}. Fra le inclusioni del pirosseno meritano particolare menzione quelle di spinello verde, che alla periferia di certe sezioni si vedono implicate nel pirosseno in forma di ciuffi radiati, risultanti da sottili vermicolazioni.

Il *pirosseno trimetrico*, alquanto subordinato al precedente, è talora inalterato, tal altra volta più o meno completamente trasformato in bastite. In sezione sottile è quasi incolore, gialliccio o rossiccio in tinte assai più chiare di quelle che presenta nelle altre rocce gabbriche, così da poter essere riferito a *bronzite*.

Un'*orneblenda* in piccoli individui è pure presente ed è caratteristica per il suo colore giallo bruno. Perifericamente mostra tracce di riassorbimento magmatico molto evidenti, con formazione di una sottile, ma ben disegnata, zona esterna di *biotite* squamosa rosso-bruna. Questa si trova pure, ma in piccola quantità, isolata o aderente ai grossi granuli di ossidi di ferro. Il *granato*, sulla cui disposizione ritorneremo fra poco, presenta caratteri affatto identici a quelli che abbiamo indicati descrivendo il granato dei *gabbri granatiferi*. Lo *spinello*, molto diffuso, ha un colore verde vivace e spiccatissimo; si tratta quindi di *pleonasto* od *hercinite*. È notevole la sua frequente associazione colla *magnetite*, così da aversi dei cristallini coll'aspetto di ottaedri imperfetti, formati in parte dell'uno e in parte dell'altro minerale. Questi sono spesso riuniti a sciami nell'interno dei cristalli di plagioclasio, e fanno passaggio, colla progressiva diminuzione delle loro dimensioni, mentre si fa sempre più marcata la tendenza all'allungamento, a quelle minute inclusioni delle quali abbiamo parlato più sopra, e che ci sembrano quindi con ogni probabilità doversi ritenere della stessa natura; lo spinello si trova pure incluso nel granato. *Apatite* e *ossidi di ferro* sono abbastanza comuni.

Fra tutte le rocce gabbriche da noi prese a considerare, sono i gabbri olivini quelli nelle quali sono più chiari e costanti i rapporti di posizione e di successione dei diversi minerali e più marcata la struttura centrica. Gli elementi colorati sono spesso riuniti in plaghe complesse delle quali l'olivina sta al centro; la circonda il pirosseno trimetrico, che forma il nucleo di questi aggregati nei casi in cui l'olivina manca. Seguono verso l'esterno il pirosseno monoclinico e l'*orneblenda*, concresciuti colla *bronzite* e tra di loro nel solito modo. La zona più esterna è costituita da un anello di granato, spesso completo e nettissimo. I plagioclasti, specialmente dove sono più abbondanti, costituiscono un grossolano mosaico di elementi equidimensionali con tendenza ad un relativo idiomorfismo; negli spazi angolosi lasciati fra i singoli granuli si annidano non di rado lacinie di anfibolo bruno e pirosseno monoclinico.

C. — **Peridotiti, pirosseniti, orneblenditi.**

1. LHERZOLITI, HARZBURGITI, ECC.

a) *Lherzolite di Balmuccia*. — La potente massa lherzoliteica che costituisce in parte lo sperone meridionale della Cima Lavaggio ed è incisa dalla valle principale della Sesia per un percorso di circa 1 chilometro, fra Isola e Balmuccia, fu già da noi descritta in una nota preventiva (18); ci limitiamo quindi a riassumere qui, molto brevemente, i principali risultati di quello studio.

La roccia è molto tenace, generalmente fresca, a grana media o grossa, dotata di lucentezza tra la vitrea e la grassa; ha colore grigio verdognolo. Frequente è l'alterazione superficiale, con formazione di una patina ocrea giallo-rossastra, caratteristica.

I minerali costituenti essenziali sono: olivina, pirosseno monoclinico, pirosseno trimetrico. Accessori: anfibolo bruno e spinello.

L'*olivina*, affatto incolore in sezione sottile, senza contorni cristallini, presenta scarse ed interrotte tracce di sfaldatura secondo {010}. Vi si notano inclusioni fluide, disposte in modo regolare, ed inclusioni vetrose devitificate. Generalmente affatto inalterata, mostra solo perifericamente qualche principio di serpentinizzazione.

Il pirosseno monoclinico ha abito di *diallagio*; rari granuli di color verde vivace possono riferirsi al *diopside cromatico*. Ordinariamente il diallagio è bruniccio o gialliccio senza pleocroismo distinto, in sezione sottile quasi affatto incolore; alle sfaldature {110} si aggiungono costantemente le tracce dei piani di separazione {100}; meno frequente ma nettissima la separabilità parallela alla base, cosicchè non è difficile ottenere solidi di sfaldatura limitati, a mo' di prisma, dalle facce dei due pinacoidi. Rara la geminazione secondo {100}. Frequenti sono inclusioni lamellari o bacillari disposte colla direzione di allungamento parallela all'asse x dell'ospite; sono verdicce e sembrano da riferirsi a spinello. Ancora più comuni gli accrescimenti paralleli con pirosseno trimetrico; questo è inserito in sottilissime lamelle parallelamente alla {100} del monoclinico; talvolta anche in lamelle più corte e più grosse, isorientate colle prime e parallele alla {010} del diallagio. Oltre al pirosseno trimetrico vi si osserva pure in accrescimento regolare qualche fibra o facula di anfibolo bruno.

Anche isolato, ma sempre subordinato ai primi due elementi, si nota nella roccia il pirosseno trimetrico, ordinariamente coi caratteri di una *bronzite* o di un *ipersteno* poco ferrifero, sempre sprovvisto delle caratteristiche inclusioni lamellari così frequenti in questo minerale.

Accessoria, come abbiamo detto, l'*orneblenda bruna*, in piccole plaghe, assai spesso concresciuta col pirosseno.

Lo *spinello* è piuttosto variabile per colore e sembra comprendere diversi termini di passaggio dalla picotite al pleonasto; la prima di colore bruno, preferisce le forme più ricche di olivina, dove si nota pure il diopside cromatico; mentre le varietà essenzialmente ferrifere e più vivamente verdi sembrano essere caratteristiche dei campioni dove domina il pirosseno.

Affatto accidentale fu notato in una sola sezione il *plagioclasio* formante due o tre granuletti estremamente piccoli.

(18) E. ARTINI e G. MELZI. *Lherzolite di Balmuccia*. — Rendic. R. Acc. dei Lincei, 1895.

Come forma anormale della massa lherzolite notiamo un tipo di *dunite*, granulare, sgretolabile, talvolta con aspetto quasi scistoso, costituita esclusivamente da olivina, mista a pochi granuli di spinello.

Sono pure frequenti nella lherzolite di Balmuccia vene e masse poco potenti, scure, bruno-rossastre, risultanti essenzialmente da pirosseni. Di queste diremo in seguito descrivendo altre pirosseniti che stanno in identici rapporti colle rocce oliviniche o gabbriche che le comprendono.

Frequentissimi e comuni a tutti gli elementi della roccia sono i fenomeni di alterazione meccanica, i quali si rivelano nelle sezioni sottili sotto forma di curvature, di estinzioni ondulate e di molteplici screpolature, che si continuano, senza mutar direzione, attraverso plaghe contigue di minerali diversi. Queste fessure giungono talora fino alla completa rottura del minerale, con spostamento dei frammenti, mentre tra le parti allontanate si insinua, cementandole, una pasta di evidente origine elastica, formata da minuti granuli degli stessi elementi che compongono la roccia. Alcuni campioni, raccolti in certi punti dove la roccia presenta macroscopicamente un aspetto assai compatto, mostrano al microscopio di dovere questa loro peculiare apparenza ad una esagerazione dei fenomeni di cataclasi.

b) *Lherzolite* di Val Sabbiola. — Assai meno vasto del precedente è l'affioramento di lherzolite che si osserva nell'alta valle Sabbiola, lungo il crinale che la divide dalla Valbèlla e precisamente tra l'Alpe Campo e l'Alpe del Laghetto. Poco dissimile dalla lherzolite di Balmuccia pel suo aspetto macroscopico, è come quella caratterizzata e resa evidente anche a distanza dalla alterazione ocracea superficiale.

Fra i componenti della roccia domina decisamente l'*olivina* in larghe plaghe a contorni arrotondati. È leggermente verdognola, ma perfettamente incolore in sezione; abbastanza evidenti vi sono le tracce di sfaldatura pinacoidale; essa contiene numerose piccole inclusioni fluide ordinate in serie sinuose. La roccia è attraversata da sistemi di fratture che si vedono spesso interessare tutta intiera una sezione, mantenendosi rettilinee ed approssimativamente fra loro parallele. I fenomeni dinamometamorfici, estrinsecantisi nei modi consueti e più volte descritti, sono bene espressi nell'*olivina*, come del resto, in minor grado, negli altri elementi della roccia.

Meno abbondante dell'*olivina*, ma sempre essenziale, è un *pirosseno monoclinico*, di colore verdiccio pallidissimo. Sfaldature prismatiche dominanti. Contiene spesso allo stato di inclusione granuletti di spinello verde bruno. Frequenti sono gli accrescimenti paralleli di questo minerale con anfibolo; sembrano mancare invece quelli fra il pirosseno monoclinico e il trimetrico. Quest'ultimo, in alcuni campioni quasi accessorio, è una *bronzite*, come dimostra il suo colore piuttosto chiaro ed il pleocroismo poco intenso, dal giallo rossiccio al verde pallidissimo.

Discretamente abbondante, più che nella lherzolite di Balmuccia, è l'*anfibolo bruno*, concresciuto, per lo più, col pirosseno monoclinico:

a = gialliccio quasi incolore

b = c = giallo bruno a giallo verdognolo.

Lo *spinello* oscilla pel suo colore dal bruno al verde bruno.

c) *Harzburgite* di Nosuggio. — Questa roccia, la quale dal punto di vista della composizione mineralogica va qui descritta, deve essere considerata come una modificazione locale, per scomparsa del plagioclasio, dei gabbri olivinici e delle noriti con orneblenda,

tra mezzo le quali rocce essa compare, come una grossa vena, circa 600 metri sotto Nossuggio in V. Mastallone. È una roccia compatta, tenace, nera brunastro, con marcata alterazione ocrea superficiale.

Al microscopio quali componenti principali si riconoscono l'olivina e il pirosseno trimetrico in quantità quasi eguali, con qualche predominio di quest'ultimo.

L'olivina è in granuli piuttosto grossi, che talora presentano tracce di forme cristalline riconoscibili, e in ogni modo hanno sempre un idiomorfismo sufficiente a farla riconoscere come il più antico formato tra i silicati. Lo stato di conservazione è in generale buono, e di vera trasformazione in serpentino non si ha che il principio; invece le screpolature e le tracce di sfaldatura pinacoidale sono costantemente accentuate, diremmo quasi sottolineate, da una forte bordatura nera composta di granuli opachi e di lamelle talvolta traslucide e di colore brunastro. Qua e là si osserva pure la neoproduzione di piccolissime quantità di talco in aggregati compatti.

Il pirosseno trimetrico sembra da ascriversi ad un termine non molto ferriero dell'ipersteno. In sezione le sue plaghe, spesso larghe e modellate talvolta sulla olivina, hanno colore chiaro, ma pleocroismo distinto, dal rosso carnicino al verdognolo quasi incolore; con la frantumazione della roccia nel mortajo d'Abich si ottengono belle laminette di sfaldatura {010} sulle quali si determina:

a = rosso sangue

c = verde azzurrognolo.

Rare ma caratteristiche vi sono le consuete inclusioni di sottilissime lamelle brune; frequentissimi invece gli accrescimenti micropegmatitici con uno spinello verde, il quale, in forma di minute vermicolazioni sinuose, o in gruppi bacillari radianti, si trova, spesso in gran copia, piantato nell'interno delle plaghe di pirosseno; talora si può notare un unico gruppo a ventaglio di vermicolazioni che interessa parecchi granuli di ipersteno d'orientazione diversa.

Il pirosseno monoclinico è da registrarsi come elemento affatto accessorio in piccoli e rari granuletti.

Una diffusione e importanza abbastanza notevoli, precisamente come in certi termini delle rocce noritiche anzidescritte, ha invece l'*orneblenda* bruna, in granuli irregolari, i quali sembrano di formazione posteriore a quella del pirosseno; il pleocroismo, spiccatissimo, è:

a = giallo chiarissimo

b = c = bruno giallo intenso.

Anche in questo minerale si hanno talora vermicolazioni di spinello verde.

Plagioclasio non si osserva che di rado, come accessorio; l'estinzione massima nella zona simmetrica fu da noi trovata = 36°. La geminazione dell'albite vi è costante. Tra le inclusioni notevoli solo quelle di spinello verde, in forma di piccoli individui bacillari o lamellari ordinati e disposti parallelamente alla {010} dell'ospite: una disposizione regolare che fa spiccato contrasto con la irregolarità di forme e la capricciosa disposizione delle analoghe inclusioni nel pirosseno e nell'anfibolo.

Lo spinello si fa tosto notare per la sua tinta verde brillante, molto carica, offuscata solo da un sottil pulviscolo nero che vi si trova alle volte densamente e regolarmente diffuso come un pigmento. La quantità maggiore di questo minerale è rappresentata dalle de-

scritte vermicolazioni; non mancano nemmeno granuli grossi isolati, e, raramente, inclusi anche nell'olivina, nella quale però non si notano mai concrescimenti micropegmatitici. Nel complesso, lo spinello sembra essere di formazione piuttosto tardiva, e certamente per la più gran parte posteriore all'olivina; esso occupa anche interstizi angolosi rimasti tra le plaghe di pirosseno trimetrico.

La *magnetite* non è scarsa; meno diffusa la *pirrotina*.

d) *Peridotite ad orneblenda* di V. Sabbiola. — Alquanto diversa per la composizione mineralogica è una roccia peridotitica da noi raccolta in Val Sabbiola, non lungi dalla Iherzolite, e precisamente alla bocca della miniera di pirrotina nichelifera già quivi esistente ed ora abbandonata. L'aspetto è piuttosto di pirossenite che di peridotite, il colore bruno nerastro cupo.

Al microscopio si constata che l'elemento preponderante è una *orneblenda* di colore bruno giallastro piuttosto chiaro in sezione, con pleocroismo abbastanza forte; essa forma plaghe larghe e irregolari, disturbate spesso da fratture con spostamenti e altri fenomeni di alterazione meccanica, ma senza produzione di anfiboli verdi, i quali sembrano mancare completamente anche dove la struttura di cataclasi è più manifesta. Frequentissime sono nella orneblenda le inclusioni di origine secondaria, allineate in serie lineari o insinuate nelle screpolature; sembra che siano costituite spesso, almeno in gran parte, da magnetite; non raramente vi si trova pure incluso lo spinello verde.

Subito dopo il precedente, in ordine di abbondanza tra i componenti, segue l'*olivina*, in granuli piuttosto grossi, ma essi pure frequentemente fratturati e distorti in varia guisa, con produzione abbondante di magnetite nelle screpolature. Non si osserva traccia di serpentizzazione; frequente invece alla periferia e lungo le fessure l'alterazione in prodotti steatitosi, che formano aggregati scagliosi compattissimi con vivacissima birifrazione.

Abbastanza diffuso, benchè in più modeste proporzioni di quantità, si nota pure un *pirosseno trimetrico*, incolore in sezione sottile, e che solo nelle più grosse lamine di sfaldatura ottenute mediante la polverizzazione col mortajo d'Abich, lascia riconoscere:

a = roseo gialliccio pallidissimo

c = grigio verdiccio quasi incolore.

Sembra quindi trattarsi di vera bronzite. Quanto alle caratteristiche inclusioni lamellari brune, esse vi sono scarse, e rare affatto quelle bacillari di *spinello*. Questo minerale, oltre che allo stato d'inclusioni, si osserva anche in granuli irregolari tra gli altri elementi, ed è sempre di un bel color verde chiaro. La *pirrotina*, come accessorio, più abbondante della *magnetite*.

È notevole in questa roccia il colore della orneblenda, poichè, com'è noto, nelle peridotiti anfiboliche si tratta ordinariamente di anfibolo verde; geologicamente essa è connessa a noriti, le quali contengono pure orneblenda bruna accessoria, ed è poco lungi dalla vera Iherzolite, nella quale una orneblenda di questo colore è del pari costantemente presente.

2. WEBSTERITI, ECC.

a) *Websteriti propriamente dette*. — Le rocce qui riunite e descritte sotto questo nome non formano da sole alcuna massa potente, ma sono in generale soltanto da considerare come modificazioni locali, per scomparsa dei feldspati, delle varie rocce gabbriche nelle

quali si trovano inserite a mo' di lenti e banchi di varia potenza; non di rado alternanti in esili straterelli col prodotto della opposta differenziazione, cioè con una roccia biancastra composta in gran prevalenza da plagioclasio. Le nostre pirosseniti sono a grana media, hanno colore bruno nerastro; sulla frattura fresca brillano le numerose facce di sfaldatura dei singoli elementi: talune, di colore più chiaro, presentano qualche somiglianza esterna con le lherzoliti. Si incontrano particolarmente in Val Mastallone, poco sotto il Baraccone; nella Valle del Land Wasser, poco sopra la Gula; e nell'alta Val Strona, sopra Campello, dove hanno sviluppo abbastanza notevole. Descriveremo insieme quelle di tutte le varie località, poi che non abbiamo potuto riconoscervi differenze notevoli.

Dei *pirosseni*, i quali naturalmente formano la più gran parte della roccia, si contrastano la prevalenza i termini *monoclini* e i *trimetrici*.

Questi sono di varia ricchezza in ferro, ma assai più frequentemente riferibili all'ipersteno che alla bronzite; il colore e il pleocroismo sono perciò riconoscibili nettamente anche in sezione sottile. Caratteristiche e frequenti le inclusioni lamellari brune, anche assai larghe, perfettamente conservate nei prodotti d'alterazione, i quali constano ordinariamente di aggregati squamosi, probabilmente di natura talcosa.

Del pirosseno monoclino sono più vari l'aspetto ed i caratteri; talvolta si tratta di vero diallagio, di colore bruniccio chiaro, incolore in sezione sottile, tal'altra di augite intensamente rosso-violacea, con pleocroismo non sensibile; in ambi i casi sono frequenti a riscontrarsi, oltre alle consuete, le tracce di un sistema di piani di separazione paralleli alla base, molto marcate, e nettissime; in una sezione (diallagica) parallela al piano di simmetria potremmo misurare con esattezza:

$$a . c = 74^{\circ}$$

$$a . a = 24^{\circ}.$$

Comuni pure le inclusioni di sottili lamelle di pirosseno trimetrico, e di prismetti o fibre d'anfibolo, entrambe in concrescimento regolare con l'ospite.

Curvature, fratture, piccoli salti e altri fenomeni di dinamometamorfismo sono comuni specialmente in tutti gli elementi pirossenici, con produzione, molto scarsa però, di anfiboli verdi fibrosi secondari.

Secondarie riteniamo siano pure certe inclusioni minutissime di natura incerta che in lunghe serie, sinuose, ma nel complesso tra loro parallele, traversano i pirosseni, sia i rombici come i monoclini, passando anche senza mutar direzione traverso parecchi granuli adiacenti.

Affatto accessoria è l'*orneblenda*, di color bruno, e con caratteristico pleocroismo:

a = giallo chiarissimo

b = bruno caffè

c = bruno giallastro.

Essa forma piccole plaghette irregolari negli interstizi angolosi tra i pirosseni, coi quali è talvolta in concrescimento regolare periferico.

Plagioclasio non esiste che eccezionalmente, in quantità esigua; le deformazioni meccaniche e la alterazione spesso avanzata non permettono di studiarlo. Tra gli elementi accessori vanno ricordate inoltre *pirrotina* e *magnetite*, abbastanza diffuse; raro lo *spinello* verde oliva.

b) *Websteriti ad orneblenda*. — Un tipo anomalo, che costituisce quasi un termine di passaggio tra le pirosseniti e le orneblenditi è quello che si osserva presso al confine occidentale della massa eruttiva in Val Sermenza, presso il paese di Rossa.

Anche qui si tratta di una modificazione locale delle rocce gabbrico-dioritiche, nelle quali scompare il feldspato, ed ai pirosseni si associa l'orneblenda in tale quantità da costituire uno dei più importanti, anzi forse il più abbondante elemento della roccia; le proporzioni dei componenti mineralogici variano del resto grandemente, così che in alcuni esemplari si tratta di una vera orneblendite, mentre in altri sono più abbondanti i pirosseni, e tra questi talvolta il trimetrico, e tal'altra il diallagio. L'aspetto macroscopico è però uniforme; pare soltanto che la grana, la quale è media nei termini più ricchi di iperstenite, diventi più grossa o anche grossissima nelle varietà più orneblenditiche; il colore d'insieme, sempre bruno nerastro, trae al verde solo dove la roccia è alterata. Qualche termine più anfibolico contiene anche poco plagioclasio alteratissimo, e mostra allora vene di epidoto secondario; anche un anfibolo bianco-verdiccio in fibre sottili, quasi amiantoidi, si trova, raramente, a riempire piccole spaccature dove l'alterazione è più progredita.

Il pirosseno trimetrico è *ipersteno*; in sezione sottile:

- a = rosso sangue chiaro
- b = giallo chiarissimo
- c = verde cinerognolo pallido.

Le inclusioni lamellari sono presenti, al solito; l'alterazione, non di rado avanzata, porta non già alla bastite, ma a quella sostanza squamosa, di aspetto steatitoso, che fu già osservata in identiche condizioni nelle websteriti anzi descritte.

Il *diallagio*, in plaghe regolari, abbastanza larghe, ha colore verdolino pallidissimo o è incolore affatto in sezione; spesso esso è conservato così solo al centro dei granuli, i quali perifericamente si mostrano costituiti per una larga zona da anfibolo verde chiaro, più o meno fibroso, di aspetto smeragdatico, e di evidente origine secondaria. Dove l'alterazione è più progredita, e manca l'ipersteno, si ha una roccia costituita da avanzi di orneblenda bruna e larghissime plaghe di anfibolo chiaro, a fasci paralleli di lunghi e sottili prismi, spesso tutti geminati secondo {100}, ciò che a luce polarizzata dà all'insieme un aspetto oltremodo caratteristico ed elegante.

L'*orneblenda* è sempre bruna, col consueto pleocroismo; dove sono conservati i rapporti di struttura, sembra essere di consolidazione più recente dell'elemento pirossenico, e specialmente del trimetrico. Contiene inclusioni bacillari opache disposte parallelamente all'asse verticale; più di rado anche lamelle sottili brune, probabilmente ilmenitiche, dello stesso aspetto di quelle tipiche dell'ipersteno.

Magnetite scarsa, specialmente secondaria nelle screpolature.

c) *Websteriti annesse alle lherzoliti*. — Più che di vere rocce meritevoli di una descrizione separata, si tratta di modificazioni locali della roccia lherzolitica, la quale per scomparsa di olivina passa a tipi nettamente pirossenitici; ma queste masse non sono che accessorie e non hanno mai estensione rilevante o costanza di caratteri.

Il *pirosseno trimetrico* vi è per lo più fresco, e si hanno in prevalenza termini di passaggio tra la vera bronzite e l'ipersteno: esso include spesso facule anfiboliche.

Il *monoclino*, che in ordine di abbondanza contrasta il primato al precedente, ha per lo più aspetto diallagico, e relativa facile divisibilità secondo {100}. Le inclusioni di piro-

seni trimetrici furon da noi già altrove descritte: diremo qui solo come in queste rocce websteritiche se ne trovino delle più grandi ed evidenti, il cui studio ha non poco servito a rischiararci la natura delle più minute.

L'*orneblenda* ha una grande diffusione come elemento accessorio, ma è sempre scarsa; il pleocroismo è caratteristico:

a = giallo pallidissimo, fino a verdiccio
 b = bruno caffè più o meno rossiccio
 c = bruno giallastro.

Lo *spinello* è costante come accessorio: dove è di color verde deciso, è spesso intorbidato da un sottile e fitto pulviscolo nero.

D. — Gabbri zonati e stronaliti.

Chi prenda a considerare attentamente, e col sussidio della indagine microscopica, le rocce che costituiscono la zona eruttiva basica nella parte in cui essa è incisa dalla Val Stronà, non può a meno di notare una considerevole differenza fra queste rocce e quelle le quali costituiscono la zona stessa nelle altre parti dell'area da noi studiata.

Il carattere massiccio di tali rocce è anche qui in generale abbastanza evidente; ma l'aspetto e la composizione mineralogica variano da un punto ad un altro con estrema intensità e con grandissima rapidità, e nel tempo stesso si può riconoscervi una struttura a banchi o a zone, trasversalmente alle quali il cambiamento avviene in modo più brusco e repentino. Qualche cosa di analogo, su più piccola scala, si potè già osservare nella media Val Mastallone, poco sotto il Baraccone, dove le noriti, per un evidente fenomeno di liquazione, non presentano un impasto omogeneo, ma bene spesso si mostrano costituite da zone alternanti, pirossenitiche e anortositiche. Ma nella Valle della Strona il fenomeno è ben più grandioso, e vi si aggiungono singolarità notevoli di composizione, così che con rocce pirossenico-plagioclasiche, o anfibolico-plagioclasiche, sempre riccamente granatifere, alternano e si mescolano rocce senza anfibolo o pirosseno, quarzoso-feldspatiche, poco micacee e abbondantemente granatifere, nelle quali troviamo ordinariamente la sillimanite e il rutilo come elementi costitutivi.

Nell'Ossola venne già osservato qualche cosa di simile. Il Traverso (19) chiama *dioriti pirosseniche a granati* quelli che noi chiameremo *gabbri zonati*, e che sono costituiti dall'insieme delle rocce pirossenico-anfiboliche; e chiama senz'altro *leptiniti* (20) quelle altre rocce quarzoso-feldspatiche granatifere, alle quali noi crediamo di dover dare, per esprimere il complesso dei loro caratteri geologici e petrografici, un nome nuovo, tolto dalla località, e precisamente quello di *stronaliti*.

È notevole che masse stronalitiche di molto minore potenza si trovano anche comprese tra le masse più tipicamente eruttive e di maggiore sviluppo, almeno tra le più basiche, come diremo con maggiori dettagli nel capitolo speciale dedicato allo studio di queste rocce. E anche in queste condizioni furono già trovate nell'Ossola, non però dal Traverso bensì

(19) *Geologia dell'Ossola*, pag. 155, 101.

(20) Cioè *granuliti*, poi ch'egli segue una no-

menclatura che ci sembra per gran parte quella del Michel-Lévy.

dal dott. Porro (21), il quale però dopo una breve descrizione di queste che egli chiama "Die in den basischen Gesteinen auftretenden kieselsäurereichen Gesteine", descrizione che ci lascia il dubbio ch'egli abbia per avventura potuto scambiare la sillimanite per andalusite, avverte che la giacitura di queste rocce non gli appar chiara (22).

Oltre alla massa della Val Strona e alle masse stronalitiche minori sparse qua e là, anche la seconda zona eruttiva più settentrionale, là dove essa è tagliata nella sua massima larghezza dall'alta Val Mastallone, è costituita da un insieme di rocce perfettamente identiche: da una alternanza cioè di gabbri zonati e stronaliti.

Questa zona fu studiata petrograficamente in epoca affatto recente dallo Schaefer (23): questi riconosce il carattere eruttivo delle forme pirossenico-anfiboliche, che ascrive alle noriti, ma crede che la forma stronalitica sia limitata a una determinata fascia, e non s'accorge delle molteplici alternanze e dei passaggi che la legano alle forme gabbbriche, descrivendo senz'altro queste rocce a granato e sillimanite come Granat-Sillimanit-Gneisse. L'osservazione piuttosto superficiale e la poca conoscenza ch'egli mostra di avere della regione dal punto di vista geologico spiegano la semplicità della sua diagnosi, la quale però avrebbe dovuto esser più cauta, poi ch'egli stesso avverte come "merkwürdigerweise", nello "gneiss", si trovino delle *interclusioni* di roccia pirossenica identica alle noriti sopra descritte.

Divideremo la descrizione in tre capitoli: e cioè tratteremo separatamente:

- 1° dei gabbri zonati prevalentemente a pirosseno.
- 2° " " " " ad anfibolo.
- 3° delle stronaliti.

1. — GABBRI ZONATI PIROSSENICI.

Oltre che nella Valle Strona, nella quale queste rocce, alternanti con termini anfibolici e con le stronaliti, si possono osservare lungo tutto il tratto fra Campello e Forno, i gabbri zonati a pirosseno sono largamente rappresentati nelle vallette laterali alla principale, sia di destra che di sinistra, scendendo a destra fino in Val Sabbiola e in Val Bella, e nel tratto di Val Mastallone che dalle Case alte dell'Alpe Baranca scende fin sopra S. Maria.

L'aspetto macroscopico è molto vario, così come la grana, che in generale è media; il colore grigio bruno piuttosto chiaro traente al rossiccio per la copia del granato, che ordinariamente si riconosce ad occhio nudo senza fatica; qualche larga squama di biotite brilla qua e là sulla frattura fresca; ma spesso in uno stesso esemplare si notano diversità profonde di aspetto e di composizione; concentrazioni e arricchimenti di uno dei minerali si osservano pure qua e là, specialmente noduli di diallagio nei termini più micacei.

Il *plagioclasio* è in plaghe più o meno regolari e larghe, mai in cristalli idiomorfi o listiformi: la geminazione dell'albite vi è costante, frequentissima quella del periclino,

(21) C. PORRO. *Geognostische Skizze der Umgebung von Finero*. — Inaug. Dissert. Berlin, 1896.

(22) "Gesteine... deren Lagerung mir noch nicht vollkommen klar ist".

(23) *Der basische Gesteinszug von Ivrea, im Gebiet des Mastallone-Thales*. — Tscherm. Mitth. XVII, 1898.

spesso entrambe a lamine non piano-parallele, ma lenticolari, in fasci morenti a pennello; rara la legge di Karlsbad. La natura di questi plagioclasti è piuttosto basica: i confronti col balsamo mostrano che sempre il feldspato è molto più rifrangente di quello. Il massimo delle estinzioni simmetriche varia secondo le sezioni tra 33° e 52° ; cioè si tratta ordinariamente di labradorite, ma si giunge in alcuni casi fino alla anortite. Feldspati più acidi nei termini di questa serie non sembrano esistere. L'elemento feldspatico è generalmente assai fresco; quando c'è alterazione, essa ha carattere saussuritico, e in zoisite è cambiato completamente il plagioclasio di quei pochi campioni nei quali l'alterazione stessa è più profonda.

Il pirosseno è per lo più rappresentato da termini trimetrici e monoclini, quasi sempre insieme, benchè con predominio or dell'uno or dell'altro, così che queste rocce ben meritano il nome di gabbri anzichè di noriti: si osservano anche degli esemplari con una sola qualità di pirosseno, ma meno comuni.

Il *pirosseno trimetrico* ha per lo più colore assai chiaro, e anzi spesso è perfettamente incolore in sezione sottile: ordinariamente è povero di inclusioni e vi sono scarsamente rappresentate anche le note e caratteristiche lamelle bruno-violacee; qualche sottile aghetto, forse della stessa natura, si osserva talora disposto parallelamente all'asse x dell'ospite; facule d'orneblenda sono però abbastanza diffuse. Questo pirosseno è spesso alterato, anche là dove gli altri minerali, compreso il p. monoclini, sono freschi e inalterati; generalmente è trasformato in anfibolo fibroso verdiccio: questa alterazione interessa talvolta solo la periferia del granulo, che si vede allora cinto da una sottile bordatura d'un verde vivace. Le varietà incolore presentano però anche una alterazione in aggregati squamosi vivamente birifrangenti, di natura probabilmente talcosa.

Il *pirosseno monoclini*, alquanto subordinato al precedente, ha generalmente carattere di diallagio. In generale è fresco, di colore bruniccio, in plaghe spesso di rilevante estensione. Contiene non di rado lamelle di pirosseno trimetrico e di orneblenda concresciute regolarmente con l'ospite e intercalate in esso parallelamente al piano della sua {100}. La pseudosfaldatura secondo questa faccia, tipica per il diallagio, è più fittamente rappresentata nel centro delle plaghe, e anzi spesso le sue tracce non giungono alla periferia, così che un anello intiero e limpido della sostanza stessa circonda tali plaghe. Deformazioni meccaniche sono frequenti in questo, come negli altri minerali componenti la roccia.

La *biotite*, che sostituisce in maggiore o minor proporzione l'elemento pirossenico, e che talora è decisamente abbondante, è fresca quasi sempre e ha un colore bruno rossastro carico, vivacissimo in sezione, con energico pleocroismo. Dove essa è più scarsa, le sue lamine, larghe e piane, tagliano spesso nettamente tutti gli altri minerali, pirosseni come feldspati, i quali si modellano esattamente sopra di essa. È in questo caso talora anche bordata alla periferia e lungo le screpolature di un sottile anello opacitico, formato da un pulviscolo nero, opaco, di natura probabilmente magnetitica. Osservammo pure, benchè di rado, tracce di struttura d'implicazione tra biotite e plagioclasio, che si compenetrano ai margini con vermicolazioni reciproche.

La presenza del *granato* è caratteristica per queste rocce, che ben si potrebbero chiamare anche gabbri micaceo-granatiferi, se questa denominazione, così esatta per la maggior parte dei tipi, non avesse il torto di non essere sufficientemente comprensiva anche per le varietà meno diffuse. La distribuzione di questo elemento è però delle più irregolari; si può dire che nessun campione ne manchi completamente, ma mentre in alcuni esemplari è così copioso da impartire a tutta la roccia un colore spiccatamente roseo o rossiccio, in

altri è così scarso che alcune sezioni ne riescono prive. Dov'è più copioso, è in grandi plaghe irregolari che includono lamine di biotite, granuli di pirosseno e di plagioclasio, questo anche trasformato completamente in zoisite; esso contiene anche piccole inclusioni fluide, ordinate in lunghe serie parallele. Del resto, il granato non circonda ad anello gli altri elementi, nè appare di formazione secondaria: in alcuni casi anzi è compenetrato intimamente col pirosseno, a larghe plaghe, così che non si saprebbe dire quale dei due elementi sia più antico dell'altro.

La *zoisite*, come dicemmo, sostituisce il plagioclasio nei campioni più alterati.

La *titanite* non ha importanza che in un unico campione proveniente da un interstrato nella solita roccia, sotto le case basse dell'Alpe Baranca. È questa una roccia singolare, formata da granato, zoisite, titanite e anfibolo fibroso verdiccio, con poco quarzo, il tutto formante un insieme a grana finissima e di aspetto oltremodo compatto.

L'*apatite* è sempre diffusa, nei soliti prismetti: talvolta anche in individui di dimensioni alquanto maggiori.

Accessori: *pirrotina*, *magnetite*. Scarsissimi sono poi: *zircone*, *spinello verde*, *rutilo*.

Come si vede dalla descrizione sommaria datane qui, i gabbri zonati pirossenici non contengono quarzo, se freschi: è quindi da tenersi distinta la descrizione di una singolare varietà quarzifera di queste rocce, che osservammo intercalata regolarmente alle stronaliti lungo il sentiero che dalla Bocchetta della Serra scende in Val Sabbiola, non molto sotto la bocchetta medesima. Il campione presenta grana finissima, colore rossiccio un po' grigiastro, e ha un aspetto granulitico notevolissimo. Per la composizione mineralogica va distinto perchè, accanto agli altri elementi fin qui citati, compare il *quarzo*, in quantità notevole, in plaghe irregolari, con estinzione ondulata, e zeppe di sottili inclusioni aghiformi orientate in tutti i sensi. Il *granato* è abbondante, in granuli e cristalli, ed è notevole che intorno a tali cristalli si osserva qualche volta un anello di pirosseno trimetrico. Del resto, che il granato sia contemporaneo o più antico del resto è provato dalla sua esistenza in piccoli e netti cristallini come inclusione nel feldspato inalterato. Il *plagioclasio* è freschissimo e non differisce per basicità da quello degli altri campioni. Infatti l'estinzione massima della zona simmetrica raggiunge 37°: si tratta dunque di vera labradorite. Il *pirosseno* domina sulla *biotite*, la quale però è anche qui ben rappresentata, col consueto aspetto.

2. — GABBRİ ZONATI ANFIBOLICI.

Le località in cui queste rocce si trovano rappresentate coincidono approssimativamente con quelle già indicate per i gabbri zonati pirossenici, coi quali esse alternano, o nei quali esse sfumano per una serie di graduali passaggi; e fu in vista appunto di questi passaggi che evitammo di tenere distinti i termini più riccamente anfibolici, per alcuni dei quali il nome di diorite sarebbe stato più appropriato, stando almeno al solo esame del campione.

Anche qui l'aspetto è vario: ci sono varietà compattissime brunastre, con aspetto noritico, sempre riccamente granatifere: e da queste si passa a termini più anfibolici e più evidentemente zonati, a zone bianche e nerastre, meno granatiferi: questi, che si possono osservare particolarmente nell'alta Val Sabbiola, nel vallone che dalla Bocchetta della Serra

scende a Forno, e al Ponte di Rosarolo in Val Strona, hanno macroscopicamente un aspetto anfibolitico notevolissimo.

Il *feldspato* è sempre di natura plagioclasica, e in generale abbastanza basico: nella roccia di Rosarolo la estinzione nella zona simmetrica raggiunge 36°. In altri esemplari raccolti sotto la Bocchetta della Serra, si giunge fino a 45°. Ma le oscillazioni non mancano, e si scende anche a valori relativamente bassi: il più basso è un massimo di 19° che abbiamo osservato in un campione molto ricco d'anfibolo e povero di feldspato raccolto presso l'Alpe Baranca. Il plagioclasio è però in queste rocce alquanto più scarso che nelle pirosseniche pure, e ci pare di aver constatato in esso anche un maggiore idiomorfismo rispetto agli elementi colorati. Quando è alterato, anche qui si osserva abbondante produzione di zoisite in aggregati di granuli per lo più piccoli: non mancano però granuli di vero epidoto, gialliccio, con viva birifrazione.

L'elemento caratteristico, per il quale si differenziano in modo speciale, è l'*anfibolo orneblenda*, il quale, scarsissimo o mancante nelle rocce appartenenti al gruppo precedente, diventa qui essenziale, e supera spesso di gran lunga per quantità il pirosseno. Il colore di questa orneblenda, generalmente molto carico, va dal bruno verdastro al bruno caffè, col solito forte pleocroismo. Essa per lo più è fresca e limpida; contiene però spesso inclusioni nere pulverulente numerose.

Il *pirosseno*, la cui quantità, come fu detto, oscilla assai, è però sempre da notare come elemento essenziale; si osservano così termini trimetrici, bronzite od iperstenite, come monoclini, questi con aspetto ordinariamente piuttosto augitico che diallagico. L'uno e l'altro frequentemente si vedono in concrescimento regolare con l'orneblenda. La *biotite* è comunemente affatto subordinata.

Il *granato*, benchè frequente, e in certi esemplari anzi copioso, ha in queste rocce una parte molto meno importante che nei gabbri pirossenici. Fanno eccezione però alcune rocce dell'alta Val Strona, specialmente dei dintorni di Campello, i quali, e per l'aspetto macroscopico, e per la composizione mineralogica, fanno passaggio ai gabbri granatiferi del Baracone e simili, da noi già descritti precedentemente in altro capitolo.

Gli elementi accessori, come *zoisite*, *pirrotina*, *magnetite*, *apatite*, *zircone*, presentano i soliti caratteri.

3. — STRONALITI.

Tutti i termini di questa serie privi di pirosseno e di anfibolo sono da noi riuniti sotto il nome unico di stronaliti. Difficile è dare una caratteristica mineralogica di queste rocce, in causa della grande varietà loro: tuttavia possiamo definirle come rocce massicce quarzoso-feldspatico-granatifere, generalmente ricche di sillimanite, spesso biotitiche, altra volta quasi completamente prive anche di questo elemento. La loro acidità è variabilissima: e con rocce esclusivamente plagioclasiche prive di quarzo o quasi, alternano irregolarmente e fittamente rocce quarzifere, con ortoclasio. Mancano costantemente adunque tutti i minerali di contatto (specialmente cordierite e andalusite) che potrebbero far pensare ad una loro natura originariamente scistosa modificata da intercalazioni di rocce eruttive; ciò del resto è reso meno probabile da una quantità di motivi che verremo esponendo nella parte geologica; sono invece frequenti i minerali che accennano a metamorfismo dinamico: alludiamo particolarmente alla sillimanite ed al rutilo.

Il colore di queste rocce è per lo più chiaro: anzi, nei campioni più tipici della Val Strona, bianchiccio; più spesso grigiastro, non di rado decisamente rossiccio per la quantità del granato, il quale tuttavia non è mai decisamente rosso vivo, e sembra non di rado essere piuttosto una specie di grossularia impura, anzichè almandino. Anche lo spinello è presente, qua e là.

Ci sembra adunque di poter affermare con sicurezza che per la composizione mineralogica la famiglia di rocce alla quale le stronaliti più rassomigliano, è quella delle granuliti: e con molte granuliti di Sassonia le nostre stronaliti hanno rapporti di somiglianza veramente stupefacenti: e con queste hanno di comune le frequentemente ripetute alternanze di rocce basiche ad iperstenite, e il brusco cambiamento di acidità in senso verticale: con esse hanno pure comune la disposizione della biotite, che non è mai regolare, o gneissica. Tra gli osservatori precedenti ben se ne avvide il Traverso, solo fra tutti, che chiamò leptiniti le rocce corrispondenti dell'Ossola. Ma l'aspetto massiccio di queste rocce, la mancanza frequentissima di ogni divisibilità a straterelli così tipica per le granuliti, il ritrovarsi loro in piccole masse compatte comprese a lenti fra le noriti e i gabbri più massicci sono fatti che ci impediscono di dar loro il nome di granuliti, nome che verrebbe a dare del complesso e dell'aspetto d'insieme di queste rocce un'idea completamente falsa.

Non è improbabile a modo nostro di vedere che si tratti di un caso, grandioso per certo, di liquazione stratiforme di un magma eruttivo, liquazione che, accennata e poco evidente altrove, avrebbe qui, per circostanze non indagabili, raggiunto l'apogeo della perfezione e della molteplicità. Nè con questo crediamo di scavare un abisso tra le nostre stronaliti e le granuliti, poi ch'è ammesso ormai generalmente non essere queste che ortoscisti, derivati dal dinamometamorfismo di rocce eruttive (24), e le stronaliti rappresenterebbero forse una specie di *roccia madre* delle granuliti. Anzi, colà dove più energica fu l'azione meccanica e le stronaliti ebbero a subire una vera laminazione, si svilupparono localmente dei tipi a grana minuta, ricchi di sillimanite e di quarzo, e anche talvolta veramente scistososi, che si confondono con granuliti propriamente dette.

Tale è la varietà di queste rocce, così frequentemente esse si osservano nella nostra regione, e così grande è il numero delle sezioni da noi studiate, che le divideremo per la descrizione in gruppetti geografici, cominciando dalle più piccole masse che si osservano intercalate a tipi decisamente massicci.

a) Stronaliti del Baraccone. — Circa mezzo chilometro a monte del Baraccone, tanto nella valle del Mastallone, quanto sull'altra pendice dello sperone che divide le due valli, lungo la strada che conduce a Rimella, nel gabbro granatifero massiccio si osserva un banco poco potente di una roccia a grana piuttosto fina, o media, di colore grigio-violaceo o rossiccio, molto compatta e tenace, ricchissima di granato, che passa per gradazioni nella roccia eruttiva anzidetta.

Al microscopio si vede che la composizione non è uniforme, e ci sono tipi plagioclasico-granatiferi semplici, mentre altri, più frequenti, sono pieni di sillimanite e quarziferi.

Nel primo tipo, il plagioclasio è freschissimo, limpido e ben determinabile: la geminazione doppia albite-periclino vi è quasi costante: l'estinzione massima nella zona simmetrica raggiunge 36°: si tratta di *labradorite*.

(24) Cfr. II. ROSENBUSCH. *Elemente der Gesteinslehre*. 1898, pag. 488 e seg.

Il plagioclasio è però in quantità relativamente scarsa, e generalmente assai subordinato al *granato* roseo, ch'è copiosissimo, e costituisce da solo circa i $\frac{2}{3}$ della massa; esso è in granuli cristallini a contorni arrotondati o irregolari, con tendenza ad un relativo idiomorfismo rispetto all'elemento feldspatico, che in genere riempie i vani angolosi irregolari esistenti fra i granati stessi. Le screpolature a rete sono in questo granato copiose; abbondanti le inclusioni di piccolissimi corpi bacillari generalmente neri e opachi, ai quali sono scarsamente frammisti altri identici per aspetto, ma trasparenti e giallicci. Essi sono ordinati secondo tre sistemi di linee, le quali, per quanto i contorni cristallini dell'ospite manchino quasi sempre, sembrano essere parallele ai tre assi cristallografici.

Abbastanza diffuso in piccoli granuli è lo *spinello* verde; rarissima la *biotite* in tozze squamette bruno-rossastre; accessoria la *magnetite*, in granuli anche grossi.

Deformazioni meccaniche sono da osservare in tutta la roccia, ma non raggiungono un grande sviluppo, e si estrinsecano per lo più con la formazione di serie d'inclusioni nerastre, d'origine secondaria, grossolanamente parallele, che passano dal granato al plagioclasio senza mutar direzione.

A questa roccia, della quale la natura eruttiva non ci pare da mettere in dubbio, poi che essa è legata da transizioni graduali al gabbro granatifero, e che si potrebbe forse definire come una *anortosite granatifera*, segue, sempre per transizioni rapide, un'altra roccia, poco diversa macroscopicamente, ma che tuttavia differisce profondamente al microscopio, in particolare per la presenza di due nuovi minerali, la sillimanite e il quarzo.

Il *granato* è anche qui l'elemento più abbondante: esso forma granuli e gruppi di granuli, a contorni spesso irregolarmente sinuosi, ordinariamente arrotondati. Le inclusioni vi sono eguali come nella roccia precedente, più abbondanti però quelle trasparenti, con vivissima birifrazione (*rutilo?*).

La *sillimanite* è così abbondante da dover figurare tra gli elementi essenziali, ed è notevolissima per il suo aspetto del tutto anormale e singolare, che potrebbe a primo aspetto farla scambiare con qualche altro minerale. Essa cioè non si presenta nei soliti prismetti sottili ed allungatissimi, bensì in individui piuttosto grandi e tozzi, che raggiungono bene spesso un millimetro di grossezza per una lunghezza di due o tre millimetri; ordinariamente le dimensioni sono sensibilmente inferiori a questo massimo, ma il rapporto tra lunghezza e larghezza non è molto diverso. Già macroscopicamente sono riconoscibili le facce di sfaldatura {100}, con una viva lucentezza madreperlacea, tale da rammentare assai l'aspetto della cianite. Le tracce di questa sfaldatura sono sempre nettissime al microscopio, e fitte, specie nelle sezioni basali, le quali son limitate spesso dalle tracce delle facce di prisma verticale. Queste sezioni basali permettono di riconoscere che ad esse è normale la bisettrice dell'angolo acuto degli assi ottici, i quali sono contenuti nel piano di facile sfaldatura {100} e fanno tra di loro un angolo apparente piuttosto piccolo; la dispersione è evidente: $\rho > v$. L'indice di rifrazione medio è molto elevato; la birifrazione energica; l'estinzione sempre parallela all'allungamento e alle tracce di sfaldatura; il carattere ottico in questo senso, costantemente positivo. Il minerale del resto è incolore e limpidissimo; contiene soltanto numerose inclusioni aciculari sottilissime, ordinate in senso rigorosamente parallelo all'asse verticale: qualche volta anche piccolissimi granuletti di spinello. Fratture trasversali mancano raramente.

Il *quarzo* è in plaghe irregolari, di varia abbondanza, quasi sempre costituite da più individui con diversa orientazione. Frequenti e caratteristiche vi sono le inclusioni aciculari sottilissime di un minerale gialliccio con violenta birifrazione, che con tutta probabilità può essere ritenuto rutilo.

Il *plagioclasio* è in granuli molto irregolari, e con deformazioni meccaniche così evidenti che difficile ne riesce la determinazione. In un esemplare trovammo nella zona simmetrica un massimo d'estinzione = 26° ; pare si tratti dunque di andesina basica; ma in altri, più ricchi di quarzo, sembra siano presenti anche feldspati notevolmente più acidi. Di pari passo con la maggiore acidità della parte incolore procede anche l'intrecciarsi reciproco di quarzo e feldspato, e la capricciosa irregolarità dei loro contorni, ciò che, insieme alle estinzioni ondulate e alla scissione di un unico granulo in plaghette diversamente orientate, rende difficile qualche volta una netta distinzione tra i due elementi.

Lo *spinello* è raro.

Il *rutilo* invece è molto diffuso, in granuli anche grossi, di colore giallo bruno, ed è tanto più abbondante quanto più copiosi sono la sillimanite ed il quarzo.

L'origine secondaria almeno di questo elemento ci sembra fuori di contestazione. Gli ossidi di ferro, col presentarsi del rutilo, scompajono del tutto, o quasi.

b) Stronaliti di Val Grande e Val Sermenza. — Anche nella Val Grande presso Isola, come tra Isola e Balmuccia, a monte e a valle della massa lherzolitica, anzi in parte a immediato contatto con questa, come pure all'imbocco della V. Sermenza, trecento metri circa a monte di Balmuccia, si osservano delle masse stronalitiche di non grande potenza, inserite tra le altre masse eruttive, dalle quali mal si distinguono ad occhio nudo per il loro colore grigiastro e il loro aspetto perfettamente massiccio. Queste rocce presentano una acidità molto superiore a quella delle stronaliti finora considerate, e sono composte da miscela intima quarzoso-feldspatica con discreta quantità di granato e poca sillimanite. Il rutilo è sempre presente come accessorio.

Il *quarzo* in generale predomina sul feldspato: è in plaghe irregolari, in aggregati d'individui con diversa orientazione ottica; e presenta costantemente estinzioni ondulate e altri fenomeni inerenti al dinamometamorfismo. Esso poi contiene in gran copia le inclusioni aciculari probabilmente di rutilo già osservate nelle stronaliti precedentemente descritte.

Tra i feldspati, pochi sono quelli che permettano una sicura determinazione, per le curvature, le fratture, le mille deformazioni meccaniche da cui furono tormentati, cui s'aggiungono la compenetrazione e le molteplici implicazioni tra feldspati e quarzo che si possono osservare qui e sono da noi ritenute per gran parte come fenomeni secondari dovuti a causa meccanica.

Certo però qui compare in sensibile quantità l'*ortoclasio*; le sue tracce di sfaldatura, i suoi indici di rifrazione sempre notevolmente più bassi di quello del balsamo, che pure nei nostri preparati ha sempre un valore piuttosto basso ($n < 1.540$), la sua struttura micropertitica assai frequente, e l'osservazione di alcune lamine di sfaldatura {010} non lasciano dubbio in proposito.

Il *plagioclasio*, quando si può studiar bene, mostra per lo più basse estinzioni, che raramente superano $5^\circ-7^\circ$; questo coincide bene con quanto si può osservare nei confronti col metodo di Becke, i quali ci diedero:

$$A_1 \leq 0 \quad A_1 = 0 \quad \delta_1 \geq 0 \quad \delta_2 < 0.$$

Nonostante le inevitabili incertezze ed oscillazioni, pare dunque si tratti in generale di *oligoclasio basico*. Oltre alla deformazione meccanica, che arriva fino alla totale fran-

tumazione, si notano nel feldspato anche alterazioni chimiche, generalmente parziali; la produzione di zoisite è scarsa; per lo più la tendenza è invece alla caolinizzazione.

Il *granato*, pallidamente roseo, è costante, e discretamente abbondante: talora anzi copioso, ma non ha mai la parte preponderante che ha nelle rocce del Baraccone. È in granuli rotondeggianti o irregolari, senza contorni cristallini, tutti screpolati, al solito, e non di rado anche in parte alterati, specie lungo le zone di laminazione o frantumazione, così frequenti in queste rocce.

La *sillimanite*, discretamente ben rappresentata, si presenta anche qui in tozzi prismi o in granuli ovoidali, che esigono cure particolari per la esatta determinazione. Osservammo talvolta una completa alterazione di questo minerale in prodotti squamosi, a tessitura minuta, con birifrazione vivacissima, quindi verosimilmente di natura muscovitica e non caolinica.

Qualche rara squametta di *biotite* si osserva qua e là come elemento affatto accessorio.

Aleune plaghette di sostanza cloritica, fibrosa, debolmente verdiccia e appena birifrangente, che si osservano in certe sezioni, lasciano pensare ad una alterazione del granato o alla esistenza primitiva di quantità esigue di un minerale pirossenico.

Il *rutilo*, come fu detto, è abbastanza diffuso come accessorio, e più abbondante là dove le azioni dinamiche sembrano essere state più energiche; gli *ossidi di ferro* scarsi.

c) Stronaliti della Val Strona. — La regione dove queste rocce si riscontrano in maggiore abbondanza e con più grande varietà di aspetto è certamente la Valle Strona: da poco sopra Campello fin quasi a Forno è una continua alternanza di queste rocce con termini pirossenici e anfibolici della più varia composizione e dei più curiosi aspetti. Nella parte alta della valle domina la roccia stronalitica, mentre scendendo verso il basso i gabbri zonati sono in prevalenza.

L'aspetto di queste rocce è massiccio, e una scistosità più o meno evidente si osserva solo colà dove siano accaduti fenomeni di laminazione; ben raramente, e solo localmente, si arriva ad una struttura veramente scistosa. Invece si può notare una *zonatura* con mutamento spesso brusco di aspetto e di composizione in senso perpendicolare all'andamento di queste zone. Il colore è ordinariamente piuttosto chiaro, talora bianchiccio con macchie brunastre di granato, più spesso grigio, a piccole chiazze rossicce e verdicce; non di rado la grana, che per lo più è media, scende a finissima, e allora la tinta d'insieme trae al grigio rossiccio e la roccia assume vero aspetto granulitico. La mica è scarsa o quasi mancante; anche quando si osserva in certa proporzione, è sempre disposta irregolarmente. Lo studio microscopico permette di distinguere almeno tre varietà di queste rocce, le quali, ben inteso, passano gradatamente una nell'altra e non sono nettamente localizzate.

Le più acide e più massicce sembrano prevalere in alto, nei dintorni di Campello, fin quasi a Tappone.

In queste il *feldspato* è tuttavia sempre in prevalenza di natura plagioclasica. Quando è fresco, esso si può determinare con sufficiente costanza per *andesina acida*. Forma plaghe irregolari, con inclusioni goccioliformi di quarzo, e talvolta anche aciculari di rutilo. Frequentemente però è alterato, con produzione di zoisite in piccola quantità. In qualche campione molto alterato, e deformato meccanicamente, riscontrammo anche un altro plagioclasio, molto fresco e limpido, probabilmente secondario: questo ha estinzione massima di 14°, indici di rifrazione costantemente più bassi di quelli del quarzo, ed è quindi certamente *albite*.

L'*ortoclasio* manca di raro completamente, ma è pur caso raro che la sua quantità sia molto notevole. E' spesso abbastanza fresco e limpido e presenta inclusioni micropertitiche irregolari, ma costanti.

Il *quarzo* non è meno abbondante dei feldspati, coi quali è spesso intrecciato, e nei quali comunemente si vede incluso; se la roccia non mostra fenomeni di laminazione, ciò ch'è raro, il quarzo forma granuli a contorni rotondeggianti, abbastanza regolari; ma per lo più è in plaghe irregolarissime di granuli con estinzioni ondulate e altri segni di violente deformazioni.

Il *granato*, d'ordinario più bruniccio che roseo, è pure un elemento di primaria importanza; i suoi granuli e cristalli, limpidi, con numerose e grosse inclusioni rotondeggianti e goccioliformi di quarzo, feldspato e biotite, sono però ordinariamente rotti, deformati, o schiacciati a mo' di lente; frequentemente anche più o meno alterati.

La *sillimanite* manca raramente, ma non è molto abbondante; è non di rado essa pure alterata completamente in prodotti squamosi, molto birifrangenti, compatti, che conservano nettamente la forma dell'elemento originario.

Biotite si trova sempre in queste rocce, ma per lo più in piccola quantità, e, in generale, molto alterata. E' notevole che dalla sua alterazione prendono origine certi prodotti bianchicci o grigi, finissimamente fibrosi, con birifrazione piuttosto alta e allungamento positivo, che potrebbero essere ritenuti come sillimanite.

Il *rutilo* è costante, anche in grossi granuli, e tanto più largamente diffuso quanto più la roccia è alterata e deformata meccanicamente. Gli *ossidi di ferro*, in genere, sono molto scarsi, lo *zircone* pure.

Alquanto meno largamente diffuse sono le stronaliti con abito granulitico, ricchissime di granato e sillimanite. In queste, di aspetto compatto e di colore grigio roseo o grigio verdiccio pallido, la miscela quarzoso-feldspatica è ancora della stessa natura come nelle precedenti; il quarzo vi è alquanto prevalente sui feldspati, i quali sono spesso alterati.

La *sillimanite* è copiosa, in grossi fasci di prismi allungatissimi, ma non molto sottili, curvi spesso e fratturati trasversalmente.

La *biotite*, fresca, di color bruno-rossastro, è frammistata in tali fasci, in piccola quantità, ma talora anche in lamine larghe e regolari.

Il *granato* è copiosamente distribuito, in gruppi di granuli o in grossi individui come cariati, pieni di grosse inclusioni di quarzo, feldspato e biotite.

Il *rutilo* è molto diffuso; scarso lo *zircone* e gli *ossidi di ferro*.

Tutta la roccia ha ordinariamente struttura parallela, talvolta fibrosa, per la distribuzione regolare dei singoli elementi i quali non sono mescolati irregolarmente, ma formano lenticelle, straterelli e fasci allungati, di esigue dimensioni e fittamente alternanti.

Anche più scarse sono finalmente le stronaliti più basiche, povere o prive di quarzo, e relativamente ricche in biotite. In queste il plagioclasio arriva fino ad un'*andesina basica* e l'*ortoclasio*, in generale, manca. L'aspetto è quasi dioritico; la sillimanite è poca; il granato sempre abbondante. In un campione raccolto presso l'Alpe Soggetti, nel vallone che sale da Forno al M. Capio, osservammo pure, come elemento accessorio, lo spinello verde, aggregato a pochi grossi individui di sillimanite. Il rutilo in queste varietà è sempre scarsissimo.

d) *Stronaliti di Val Sabbiola*. — Notevole estensione hanno le stronaliti anche in Val Sabbiola, dove esse penetrano dalla attigua Val Strona, e per il Monte Capio e la Bocchetta di Serra scendono fino quasi a Montata, alternando con forme specialmente anfiboliche di gabbri zonati, e venendo a contatto con le noriti e le peridotiti che quivi appaiono.

Macroscopicamente sono alquanto varie, in generale massicce, e bene spesso di una tinta decisamente rossigna, dovuta ad alterazione con produzione di ossidi di ferro. La biotite qualche volta si riconosce bene, e non di rado è anzi abbondante, senza essere disposta regolarmente: la massa non ha scistosità alcuna.

Ordinariamente si tratta di stronaliti abbastanza acide; il *quarzo* vi è molto abbondante nelle solite plaghe ad estinzioni vaganti. Tra i feldspati domina il *plagioclasio*, spesso non troppo deformato, e geminato secondo la legge dell'albite. L'estinzione massima sembra essere nelle diverse sezioni inclinata di 15°—19°; gli indici di rifrazione superiori a quello del balsamo. Prove col metodo di Becke ci diedero nettamente:

$$A_1 = 0 \quad A_2 > 0.$$

Si tratta cioè in generale di un'andesina piuttosto acida. L'*ortoclasio* è presente anche qui, e d'ordinario con struttura micropertitica; però subordinato assai al precedente. Il *granato* è sempre un elemento essenziale ed abbondante; ha il solito aspetto di granuli cristallini arrotondati. La *sillimanite* manca, o è molto scarsa; il *rutilo* costante; la *biotite*, alterata, discretamente diffusa come accessorio.

Ma non mancano banchi di rocce molto più basiche, le quali già ad occhio nudo si rivelano ricche di biotite. Queste rocce, alternanti strettamente con forme varie di gabbri zonati, se non fosse la loro intima connessione con le altre alle quali passano gradatamente, e la mancanza di un tipo costante di sufficiente sviluppo, potrebbero meglio chiamarsi dioriti micacee granatifere.

Il *plagioclasio* è qui più basico; in alcuni campioni raccolti poco sotto la Bocchetta l'estinzione massima fu trovata = 25°; questo plagioclasio, fresco, inalterato, con molte geminazioni albite-periclino è dunque *andesina basica*. Il *quarzo* e l'*ortoclasio* mancano affatto, come pure la *sillimanite*. Invece la *biotite* è abbondante, fresca, di color bruno rossastro, in laminette piuttosto larghe, distribuite in tutti i sensi. Il *granato* è pure assai abbondante, roseo, anche in cristalli notevolmente grossi. La *magnetite* accessoria. Il *rutilo*, come di solito nelle stronaliti plagioclastiche non laminate, assente.

e) *Stronaliti di Rimella*. — Rocce analoghe o identiche alle fin qui descritte si osservano pure presso Rimella, sia salendo da questo paese verso S. Gottardo, sia discendendo verso la Madonna del Rumore, sempre sottostanti agli scisti filladici e tegolari di cui a suo luogo sarà tenuta parola.

Per la composizione mineralogica e la struttura, queste rocce sono più di tutto analoghe a quelle di V. Strona, delle quali tuttavia sono assai meno fresche. I plagioclasti son qui d'ordinario alterati, e la zoisite è un elemento comune, benchè subordinato; la biotite impallidita o decomposta affatto; anche il granato e la sillimanite presentano tracce più o meno profonde di alterazione. La scistosità per laminazione è più frequente che altrove, e lungo i piani di laminazione sono frequenti straterelli e leccature sericitiche. Il *quarzo* ha l'aspetto caratteristico di questo minerale nelle rocce laminate.

Come tipo anormale possiamo citare inoltre una roccia, poco diffusa, composta quasi esclusivamente di granato in cristalli grossetti, sillimanite in fitti fasci di sottili fibre, e biotite rosso-bruna; struttura marcatamente scistosa.

f) Stronaliti dell'alta Val Mastallone. — Una speciale menzione per la loro importanza geologica meritano poi le stronaliti che alternano con gabbri zonati pirossenici e anfibolici a N. di Fobello, verso il Passo di Baranca, perchè, come già fu altrove fatto notare, appartenenti alla seconda e più settentrionale zona di rocce eruttive basiche.

L'aspetto di queste rocce è affatto analogo a quello delle stronaliti di V. Strona, dalle quali non si possono per nessun carattere petrografico riconoscere, così come non possono esser distinti i gabbri zonati dell'Alpe Baranca o di Giavina dalle corrispondenti rocce di Forno o di Tappone.

Anche qui si potrebbero costituire due tipi, passanti gradualmente l'uno nell'altro, e del resto alternanti e non localizzati.

Il primo è delle stronaliti biotitiche con poca sillimanite; queste hanno aspetto più massiccio, struttura granulare, e contengono come elemento incolore prevalente un plagioclasio in granuli equidimensionali, fresco per lo più, e determinabile per *andesina acida*. L'*ortoclasio* è molto più scarso; raramente poi si presentano il *microclino* e l'*albite*, questa sicuramente secondaria, nei campioni più alterati chimicamente e meccanicamente. Il *quarzo* è sempre molto copioso; il granato pure abbondante, nei soliti cristalli cariatati. La *biotite*, fresca o alterata, è sempre assai diffusa, ma non forma lamine larghe e regolari, bensì occupa gli interstizi fra i granuli degli elementi incolori, sui quali sembrano modellarsi i suoi individui, per lo più relativamente piccoli. Il *rutilo* e la *sillimanite* sono scarsi in questi tipi dioritici di stronaliti.

La sillimanite diventa al contrario un elemento essenziale in altre stronaliti, generalmente a struttura parallela abbastanza marcata, e qualche volta decisamente scistose per laminazione. Non si può tuttavia ammettere senz'altro che tale sillimanite sia un prodotto del dinamometamorfismo, fattosi a spese dei plagioclasii e della biotite, perchè questi due elementi son qui freschi e abbondanti quanto nei tipi massicci; forse avvenne una ricristallizzazione generale di tutta la roccia.

I *feldspati* sono in generale più acidi in queste rocce a sillimanite, anzi in qualche esemplare predominano l'*ortoclasio* o il *microclino*, anche in grandi plaghe, a struttura micropertitica. Il *quarzo* è copioso, in grossi granuli irregolari, formanti per lo più degli aggruppamenti, a straterelli o a piccole lenti. La *sillimanite* è in fasci di fibre sottili, con biotite inserta, oppure in prismetti aggruppati irregolarmente. Di pari passo con quella della sillimanite va l'abbondanza del *granato*, anch'esso in individui lenticolari, o riuniti in straterelli. La roccia ha quindi non di rado un aspetto *zonato* caratteristico ed elegante, e passa talvolta ad un vero scisto quando siano molte copiose biotite e sillimanite. Il *rutilo* è molto comune; lo *zirconio* invece assai scarso.

E. — Rocce filoniane basiche.

1. SPESSARTITI.

Le rocce filoniane al seguito delle rocce eruttive basiche sono molto scarse nella nostra regione: e tanto più sono degni di nota i pochi rappresentanti che ne potemmo osservare, in quanto che nè altri finora ebbe ad osservarne in questa regione, nè il Van Horn, che pure sembra siasi recato espressamente per ciò nei dintorni di Ivrea, riesci a scoprirne colà. Noi osservammo:

- a) alcuni filoncelli nella diorite micacea del S. Monte;
- b) alcuni piccoli filoni nella stessa roccia, alla Parmegiola, presso Varallo;
- c) un fascio di filoncelli discordanti nel calcifiro alla Crosa;
- d) un filone di 30 cm. discordante nel gneiss-micascisto sotto la cappella del Cucco.

Salvo piccole differenze, specialmente di grana, tutte queste rocce sono affatto simili, e presentano, di fronte alla diorite, un forte predominio degli elementi privi di Al, con notevolissima diminuzione dei feldspati: sono adunque da ascriversi alle rocce lamprofi-riche, e poi che sono plagioclasico-anfiboliche vanno designate più precisamente quali *spessartiti*.

L'aspetto esterno della roccia è compatto, quasi basaltico; il colore grigio nerastro, che diventa più chiaro e brunastro dove l'alterazione è molto avanzata.

L'*anfibolo*, ch'è l'elemento di gran lunga prevalente nella roccia, forma individui prismatici allungati, non terminati alle estremità. Il pleocroismo è abbastanza marcato:

α = giallo verdiccio

$b = c$ = verde oliva;

ma spesso alla periferia si nota un impallidimento con passaggio a tinte verdi più vivaci. I geminati {100} non sono scarsi. Tra le inclusioni è caratteristica per l'anfibolo di tutte queste rocce la grande abbondanza di un pulviscolo nero, addensato generalmente nelle parti più interne degli individui anfibolici; qualche squametta di biotite vi si trova pure racchiusa.

Oltre a ciò sono pure piuttosto frequenti alcune plaghetto, ben distinte dalla pasta normale della roccia, costituite da un fitto intreccio di individui anfibolici alquanto più piccoli, di colore verde chiarissimo e aspetto di actinoto: a questi si associano solo scarsi ma netti ottaedri di magnetite. L'aspetto di queste plaghe e la natura dell'anfibolo ne lasciano facilmente sospettare l'origine secondaria; ma la forma irregolare del loro contorno e la mancanza completa di ogni traccia del presunto minerale originario non permettono sulla natura di questo una più fondata congettura.

Il feldspato che, dove è conservato limpido, sembra essere solo *plagioclasio*, è molto subordinato all'elemento anfibolico, e forma, in plaghe per lo più allotriomorfe, il riempimento degli interstizi tra i prismetti d'orneblenda. L'esame ottico rivela costantemente una struttura zonale con maggiore basicità al nucleo centrale: la legge di geminazione dell'albite è molto diffusa, ma le lamelle sono spesso irregolari: l'estinzione massima da noi osservata nella zona simmetrica è $= 30^\circ$ (nucleo centrale). Confronti col balsamo diedero costantemente

$$\alpha' > n \quad \gamma' > n$$

anche per le zone esterne più acide.

Biotite in squamette più o meno cloritizzate è abbastanza diffusa, ma in esigua quantità. L'*apatite* è notevolmente frequente in esilissimi e lunghi prismetti fratturati, talora pigmentati di verdognolo-grigiastro, che lardellano abbondantemente la roccia, in specie il feldspato. *Ossidi di ferro* e *pirite* accessori.

Queste spessartiti non hanno dunque struttura porfirica: la grossezza della grana varia poi naturalmente anche nello stesso filone; in generale aumenta sensibilmente nel centro, e viene a farsi compattissima alla salbanda.

F. — Anfiboliti e scisti dioritici.

Queste rocce, che noi consideriamo quali equivalenti a struttura parallela delle rocce eruttive propriamente dette, sono limitate quasi esclusivamente alla 2^a zona eruttiva settentrionale e più ristretta, dove sostituiscono i tipi francamente massicci, ovvero, nei punti di massima larghezza della zona medesima, sono ad essi associate. Sono ordinariamente costituite da una miscela di anfibolo bruno e plagioclasio, e le avremmo chiamate scisti o gneiss dioritici se da questo tipo primitivo, per alterazione chimica e processi dinamometamorfici, non originassero altri tipi più verdi, nei quali all'orneblenda bruna si sostituisce l'actinoto, e al plagioclasio primitivo una miscela di zoisite, epidoto ed albite. Queste rocce secondarie, passanti a vere prasinitì, si hanno però soltanto dove alle azioni chimiche abbiano energicamente cooperato le meccaniche: così, se è insufficiente a snaturare la primitiva essenza di queste rocce una frantumazione brusca o una laminazione incipiente, non è meno insufficiente la sola alterazione chimica a formare quelle serie di straterelli, di lenticelle, di zone diverse, costituite da granuletti di zoisite fascetti di actinoto e plaghette di albite, che si vedono formarsi bentosto, con la completa scomparsa della originaria struttura, colà dove le due cause abbiano insieme concorso.

La descrizione che ne facciamo qui è naturalmente sommaria e comprende il risultato dello studio microscopico di numerosi campioni raccolti lungo tutto l'allineamento e cioè: sotto Carcoforo; sopra Fobello, verso il Col di Baranca; sopra Rimella, verso il Colle d'Orchetta; dal Col di Campello a questo paese; e nei monti circostanti verso Sud al lago di Capezzone. L'uniformità di aspetto e di composizione è notevole in tutti questi esemplari.

L'elemento prevalente nella roccia fresca è l'*anfibolo* bruno, in granuli generalmente un po' allungati secondo l'asse verticale, ma senza forme cristalline riconoscibili: rari sono i geminati {100}. Il colore è un po' vario, dal bruno verdastro al bruno caffè; il pleocroismo normale. Tra le inclusioni vanno ricordate quelle di granuli rotondeggianti di feldspato e di cristallini tozzi di *apatite*. Le flessioni, le fratture con dislocazione e la formazione di zone di frantumazione sono oltremodo frequenti, ma per lo più accompagnate da una copiosa produzione di anfibolo chiaro, di tipo actinolite; questa è talvolta così abbondante da sostituire quasi completamente l'orneblenda bruna, della quale non restano che scarsi avanzi qua e là. La trasformazione di un anfibolo nell'altro è centripeta, come al solito: una zona esterna più o meno larga intorno ad un nucleo bruno si vede trasformata in un anfibolo chiaro con pleocroismo dal verde gialliccio al verde azzurrino; con l'avanzarsi della alterazione, il nucleo bruno scompare e non resta che l'actinoto, sia in plaghe larghe e regolari, sia, molto più spesso, e particolarmente ai margini, bacillare,

fascicolato, con qualche differenza di orientazione nei singoli prismetti di uno stesso fascio. Molti poi di questi prismetti si trovano sparsi per la roccia, o isolati, o capricciosamente aggruppati nelle crepature o lungo le zone di più forte laminazione. L'anfibolo secondario così formato ha una birifrazione che, in generale, è lievemente più forte di quella dell'orneblenda; vi sono poi frequenti le geminazioni {100}, anche polisintetiche. Tra le inclusioni sono notevoli quelle, numerosissime, di piccoli granuletti di calcite che si osservano in talune di queste rocce più marcatamente passanti a prasiniti, presso il loro contatto con banchi di cipollini o calcifiri: come ad es. sopra Fobello, e a valle di Carcoforo.

Sulla natura del *plagioclasio*, ch'è il componente di maggiore importanza dopo il precedente, nulla possiamo affermare di preciso: è sempre alterato profondamente e non di rado completamente trasformato: parrebbe dalla natura dei suoi prodotti d'alterazione che fosse tutto plagioclasio, e piuttosto basico. I principali di questi minerali formati per l'alterazione del plagioclasio primitivo sono l'albite, la zoisite e l'epidoto.

L'*albite*, evidentemente secondaria, è quella che caratterizza con la sua presenza i tipi più laminati e prasinitici: è sempre in granuli irregolarissimi, perfettamente limpida ed incolore, con tracce di sfaldatura non sempre molto evidenti, e mancante spesso della sua caratteristica geminazione: dove questa è presente, si tratta per lo più di due soli individui. L'estinzione massima tra questi nella zona simmetrica fu trovata = 14°. Confronti col balsamo diedero risultati oscillanti tra

$$\alpha' < n \quad \gamma' = n \quad \text{e} \quad \alpha' < n \quad \gamma' > n.$$

L'albite è rara nei campioni in cui il dinamometamorfismo ha agito meno energicamente; in alcuni tuttavia, come in una roccia raccolta presso S. Anna, sopra Rimella, circonda ad anello il plagioclasio torbido ed alterato, come fa l'actinoto intorno alla orneblenda.

Zoisite ed *epidoto* derivano anch'essi con evidenza dal plagioclasio; talora la sostituzione forma un aggregato compatto che conserva la forma della plaga originaria; nei tipi più scistosi invece i piccoli cristallini o granuletti di questi due minerali hanno forme più chiare, e si trovano sparsi per tutta la roccia, o riuniti in stratelli con albite ed actinoto. Dei due, più frequente è la zoisite: ma sono sempre associati e anzi ordinariamente in concrescimento regolare.

Delle miche di seconda specie la *flogopite* è diffusa in piccole squamette nelle rocce più vicine al contatto con calcifiri, e sembra essere d'origine secondaria: la *biotite* è più rara, originaria e completamente alterata. *Mica bianca*, in esigue lamelle, è abbastanza comune in alcuni esemplari dove la trasformazione prasinitica è più avanzata.

Accessorie sono pure le cloriti; la *clorite* propriamente detta, in aggregati di lamelle e fibre; il *clinocloro*, ben riconoscibile e distinto dalla precedente per la sua diversa birifrazione e il contrario segno ottico, si presenta invece con lamelle nette e regolari.

Il *quarzo*, tutto secondario, è del resto scarsissimo, e molte volte non si distingue dall'albite che con la ricerca accurata delle tracce di sfaldatura e il confronto ottico col balsamo.

Il *granato* è raro e affatto accessorio, in granuletti rosei.

Molto comune invece e talora veramente abbondante è la *titanite*; però più che in cristalli è in cumuletti finamente granulari; di evidente formazione secondaria; al centro di tali cumuli, spesso stirati o schiacciati, si vede talvolta un residuo di *ilmenite*: questa è frequente nei tipi più freschi; nei più alterati prevale la *magnetite* secondaria, ma in piccola quantità. L'*apatite* è abbastanza diffusa; scarsissimo lo *zircone*. La *calcite* non si trova in quantità sensibile che presso al contatto coi calcifiri.

G. — Forme laminate delle rocce massicce.

Oltre alle anfiboliti, che rappresentano nella più ristretta fascia eruttiva il tipo di sviluppo periferico con struttura parallela, altri tipi di rocce resi più o meno scistosi per effetto di azioni dinamometamorfiche, le quali possono arrivare fino ad una vera laminazione, si possono osservare al confine N. O. della più larga fascia di rocce massicce, là dove queste toccano i gneiss-micascisti della Sesia. Lungo tutto questo confine corre una vera *zona di laminazione*; questa, ristretta assai verso Sud, così da essere quasi inavvertibile in Val Grande, è già più larga in V. Sermenza, tanto che da Balmuccia a Rossa sono frequenti le alternanze delle forme massicce cogli scisti che ne derivano; e va poi sempre più allargandosi verso N. E. dove si fonde con la fascia degli scisti di Rimella e Fobello. Al contatto, anche la formazione scistosa sviluppa spesso, come vedremo, dei tipi micascistosi, filladici o prasinitici, di modo che il confine tra le due formazioni resta men netto, e quasi sfumato.

Dei minerali originari quello le cui tracce sono in generale più sicuramente riconoscibili è l'*orneblenda*, che si mostra però sempre crepacciata, o affatto frantumata, e per la più gran parte trasformata in anfiboli verdi fibrosi. Talvolta i singoli frammenti di un unico cristallo sono spostati nel senso dello scorrimento, o formano come tante piccole ghiandolette, rilegate da fibre di actinolite.

Dei *pirosseni* invece è difficile constatare le tracce sicure: qualche plaga serpentinoso-bastitica, o cloritica a minute squame aggregate in rosette, è quanto di più frequente si può osservare; però un attento esame dei campioni meno laminati rivela che in parte anche le plaghe di actinolite fibrosa vanno originariamente riferite a pirosseni.

Tracce di *biotite* sono qualche volta rimaste, ma in quantità molto scarsa.

Il *feldspato*, che originariamente era con ogni probabilità tutto plagioclasio, e piuttosto basico, dà origine a produzione abbondantissima di *zoisite* e di *epidoto*; subordinatamente di *albite*. Questa predomina nei campioni che subiscono una più energica azione meccanica, e, per esempio, non è raro trovarla a riempire filoncelli o esili venuzze.

Anche il *quarzo* è frequente tra i prodotti secondari che caratterizzano le rocce laminate: ma la sua abbondanza è varia secondo i campioni: esso sembra essersi concentrato in taluni punti, e forma lenticelle e piccoli strati, spesso in miscela granulare con albite, dalla quale non è sempre facile distinguerlo senza un'accurata indagine ottica.

Questa trasformazione prasinitica, ordinariamente incompleta, è più frequente e caratteristica in Val Sermenza, e in generale lungo la parte meridionale del confine sopra detto. Nelle valli di Rimella e Fobello, l'aspetto di questi scisti che alternano con forme più massicce e derivano evidentemente dal metamorfismo meccanico di queste, è alquanto diverso. Già macroscopicamente, il colore invece che al verdastro trae al bruniccio, e dove il metamorfismo dinamico ebbe ad agire più energicamente, si ha lo sviluppo di veri *scisti sericitici*, molto ricchi di *calcite*, a tessitura finissima, con scistosità molto facile, e spesso quasi untuosi al tatto.

L'elemento micaceo-sericitico è sottilmente squamoso, in plaghette allungate, quasi fibrose, assottigliate alle due estremità, alternanti con plaghette granulari di calcite della stessa forma: poco sotto Fobello si possono vedere, in diretta connessione con le rocce

eruttive gabbliche, e legati a queste da gradualì passaggi, dei tipi di questi scisti di laminazione costituiti da questi due soli elementi, con poca pirite e magnetite.

In altri campioni la sericite è, in parte più o meno grande, sostituita da un minerale squamoso, a birifrazione molto più debole: probabilmente di natura cloritica. A questo si aggiunge spesso, oltre la calcite, il *quarzo* in aggregati granulari minutissimi, e forse anche l'albite in quantità molto scarsa.

Un altro fatto molto notevole, che si può osservare particolarmente nei dintorni di Balmuccia, è la intercalazione di qualche tipo notevolmente più acido, in banchi di poca potenza, tra le rocce basiche e i loro prodotti di laminazione. Non si tratta però di quelle rocce granatifere che sotto il nome di stornaliti furono descritte più indietro, bensì di rocce ortoclasico-quarzose, poverissime di elementi colorati, di colore grigio chiaro, e identiche a quelle che si trovano in quantità molto maggiore, e con abito spesso decisamente granitoide, intercalate tra i gneiss-micascisti delle pietre verdi.

La energica modificazione di struttura per schiacciamento subita da queste rocce insieme con le incassanti, non permette di studiarne i rapporti tectonici con le rocce eruttive basiche, e di constatare se, per es., si tratti di veri filoni di iniezione discordanti, ciò che avrebbe importanza per lo studio della età relativa delle due formazioni. L'identità di queste rocce con quelle delle pietre verdi gneissiche è così completa che per quanto riguarda la descrizione microscopica ci riserbiamo di parlarne insieme a quest'ultime.

II. — Appendice.

Calcari compresi nelle rocce eruttive.

Anche nelle rocce eruttive che formano oggetto di questo capitolo si trovano comprese masse calcari, quantunque non con tanta frequenza e di potenza così notevole come nelle rocce appartenenti al gneiss della Strona. Questi calcari, sempre decisamente saccaroidi, e per lo più assai compatti, contengono d'ordinario una quantità non trascurabile di elementi silicati, e meritano qualche cenno particolareggiato di descrizione.

a) — Il più noto, perchè altra volta scavato e perchè sommariamente descritto dal Parona, è quello che si osserva nella valletta del torrente S. Gottardo (Ender Wasser), compreso tra i gabbri granatiferi altrove descritti.

È una roccia compatta, biancastra, sparsa di punti neri o brunastri, spesso riuniti a gruppi.

Al microscopio la *calcite*, che forma per la massima parte la massa bianca, si mostra sotto l'aspetto di un fitto aggregato di granuli di forma e dimensioni assai varie, intrecciati spesso ai margini, e molto ricchi di curvature, di deformazioni meccaniche più o meno energiche, nonchè di sottili lamelle di geminazione polisintetica.

Il *pirosseno* è il più abbondante dei componenti silicati che si trovano in questo calcare, e i suoi individui, grossetti, irregolari, senza traccia di contorni cristallini, anzi spesso arrotondati e come corrosi, sono quelli che già macroscopicamente spiccano in bruno cupo o nerastro. Si tratta costantemente di *augite*, violetta, con pleocroismo talora abbastanza marcato, dal bruno verdognolo al rosso violaceo.

Intorno a tali granuli pirossenici si nota d'ordinario un anello, più o meno regolare e continuo, formato da altri silicati; nel caso più frequente è il plagioclasio che forma questa zona periferica, e che si trova contemporaneamente incluso copiosamente nelle plaghe augitiche. Quantunque si tratti di individui mal conformati e imperfetti, si può]asserire con sicurezza che tale plagioclasio è molto basico; confrontato col balsamo, dà, *molto energicamente*: $\alpha' > n$ $\gamma' > n$; il massimo dell'estinzione nella zona normale a {010} raggiunge 40°. Si tratta dunque, per lo meno, di *labradorite*.

Più scarsa, ma tuttavia ben rappresentata, pure come anello intorno all'augite, è la *vernerite*. Essa è incolora, con rilievo basso, energica birifrazione, e manca completamente di contorni cristallini; si notano però alcune tracce di sfaldatura prismatica, rese più evidenti dove il minerale presenta indizi di alterazione; la direzione dell'asse verticale, oltre che da tali tracce di sfaldatura, è anche segnata da numerose piccolissime inclusioni allungate, disposte tutte parallelamente a tale direzione, che è otticamente negativa, come si constata facilmente col cuneo di quarzo. In alcune sezioni potremmo vedere distintamente la figura di interferenza dei cristalli uniassici, e constatare anche qui con la lamina $\frac{1}{4} \lambda$ il carattere ottico negativo.

Anche più raramente trovammo il minerale pirossenico circondato da una sottile fascia formata in parte da *mica bruna*, e in parte da *orneblenda* pure bruna; l'uno e l'altro di questi due minerali si osservano però, benchè con grande scarsità, anche in granuletti isolati, piccoli, entro la massa calcitica.

I componenti silicati poi, oltre che isolati o in piccoli granuli, si trovano anche spesso nella roccia accumulati in forma di grossi noduli e concrezioni, che si distinguono molto bene dalla massa includente per il loro colore d'insieme bruno cioccolato scuro.

L'elemento più abbondante in questi noduli è ancora l'*augite*, al solito di colore bruno-violaceo, in larghe plaghe irregolari, con frequenti e spesso nitidissime tracce di separazione secondo {001}.

In accrescimento parallelo con essa è abbastanza frequente la *orneblenda* bruna; e come accessori, o inclusi o compenetrati nell'elemento pirossenico, sono costantemente presenti in discreta quantità il *plagioclasio* basico (*anortite*?) e lo *spinello pleonasto*, di color verde intenso. *Magnetite*, *titanite* e *calcite* affatto accessori; pare sia presente, in scarsissima quantità, anche la *grafite*.

b) — Analoghi a questo dell'Ender Wasser sono altri calcari cristallini, che si trovano inclusi nei gabbri zonati alternanti con stronaliti, nella valletta che dalla Bocchetta della Serra scende in Val Strona poco sopra Forno: è in particolare nei pressi dell'Alpe Nagarone che tali calcari si possono osservare.

L'aspetto complessivo e la struttura della pasta calcitica sono identici a quelli della roccia prima descritta.

L'*augite* non è molto abbondante; il colore è ordinariamente verdastro sporco, ma nelle parti più interne e nelle plaghe più fresche si notano ancora delle chiazze violacee, ciò che rende probabile tale essere stato il colore originario. Un poco di *anfibolo* verde che accompagna il pirosseno, per lo più alla periferia, è probabilmente di origine secondaria.

Abbondante invece, e non già in anelli o parti accessorie, ma come elemento essenziale, in grossi granuli, senza contorni cristallini, immersi nella pasta calcitica, è la *vernerite*. Le tracce di sfaldatura sono evidentissime, tanto più che sono spesso marcate da

un principio di alterazione, con produzione di una sostanza squamosa birifrangente, e calcite in minuti granuli. Ordinariamente tale alterazione non è tuttavia molto profonda, e non arriva al centro delle plaghe. I caratteri ottici sono quelli descritti nella precedente roccia; confronti col balsamo ($n = 1,540$ circa) diedero: $\epsilon > n$, $\omega > n$; parrebbe dunque trattarsi di un termine prossimo al dipiro.

L'elemento feldspatico è scarso; si osservano tuttavia piccole plaghette senza tracce di geminazione, con evidenti sfaldature, che riferite al balsamo danno *molto vivamente* $\alpha' < n$ $\gamma' < n$: è probabile si tratti di *ortoclasio*. Anche frantumi di *plagioclasio* si possono notare qua e là, ben distinti dai precedenti; α' e γ' sono molto superiori a n del balsamo, e misurammo estinzioni quasi simmetriche di 38° - 40° ; è adunque di natura basica.

Notevole è tra gli accessori la *grafite*, in squame e lamelle che raggiungono 2-3 mm. di diametro, e quindi perfettamente riconoscibili ad occhio nudo; in taluni esemplari essa è veramente abbondante. Anche la *titanite* è ben rappresentata, in forma di granuli grossi, a contorni arrotondati, spesso con geminazione polisintetica.

c) — Altri campioni, raccolti alquanto più in basso nella stessa valletta, appartengono pure a questo tipo di roccia, e devono essere qui descritti, benchè relativamente poveri di calcite, così da non potersi dire calcari nè calcifiri nello stretto senso della parola.

In questi il *pirosseno* è abbondante assai, tutto monoclino, di colore bruniccio pallido, in larghe plaghe a contorni irregolari, tutte zeppe di inclusioni di calcite, feldspati, ecc.

La *wernerite*, quantunque profondamente alterata, è ancora riconoscibile in copia notevole; essa forma grossi granuli, tutti traversati da numerose sfaldature e screpolature irregolari; lungo tali fessure è proceduta l'alterazione, con produzione abbondante di *calcite* e *zoisite*, alterazione spesso così completa che non resta quasi più vestigio del minerale originario.

L'elemento feldspatico è molto variamente diffuso, talora quasi mancante, e talvolta molto abbondante. Si tratta sempre di feldspati acidi, in parte forse di origine secondaria, i quali formano granuli costituiti da un nucleo centrale e una zona periferica di natura diversa; la parte centrale non è geminata, e ha potere rifrangente più basso della periferia, che invece presenta irregolari e interrotte lamelle di geminazione albitica, con estinzione simmetrica che raggiunge 15° . Lamelle di sfaldatura ottenute mediante la polverizzazione col mortajo d'Abich, e immerse nell'essenza di garofani ($n = 1.534$) mostrano per il nucleo

$$\alpha' < n \quad \gamma' < n$$

e per l'esterno

$$\alpha' < n \quad \gamma' > n.$$

Dunque pare con certezza che il primo vada riferito all'*ortoclasio*, e il secondo all'*albite*.

Del resto, *albite* in plaghette irregolari, e *quarzo*, si trovano pure, benchè scarsi, nella massa, con aspetto di minerali d'origine secondaria.

Grafite e *titanite* sono sempre ben rappresentate.

d) — Dello stesso tipo, ma, al contrario di quest'ultime rocce descritte, ricchissimo di calcite e povero di silicati, è un calcifiro che abbiamo osservato, in banchi piuttosto potenti compresi nei gabbri zonati, poco sopra Erbareti, in Val Sabbiola. La roccia è saecaroide, compatta e tenace, bianca o bianco-gialliccia, con poche punteggiature brune, che al mi-

croscopio si rivelano dovute a individui di pirosseno monoclini, di aspetto augitico, e di colore bruniccio,

e) — Alquanto diversi per aspetto e composizione mineralogica sono due calcifiri che si trovano inclusi o al contatto con la seconda zona eruttiva, là dove questa è costituita da anfiboliti feldspatiche; la differenza però, più tosto che genetica, è a parer nostro dovuta alle azioni dinamometamorfiche, e fors'anche pneumatolitiche, che insieme alle rocce incassanti, o per opera di queste, subiscono questi calcari.

Il primo affiora poco sotto S. Maria, nell'alta Val Mastallone; il colore d'insieme ne è un grigio verdognolo chiaro, con punteggiature rossicce.

La *calcite* forma il fondo della roccia, in granuli di assai varie dimensioni, strettamente saldati, e in questa stanno immersi, isolati o a gruppi, i componenti silicati. Il *pirosseno* è presente in discreta quantità: monoclini, con abito augitico e colore bruniccio chiaro. Esso è però molto profondamente modificato, sia da azioni meccaniche, sia da una alterazione in anfibolo verde che talora non interessa che la periferia, e tal'altra volta è completa.

Questo anfibolo verde, che si trova poi anche da solo a formare dei gruppi di vari individui, si presenta in cristalli allungati, con aspetto di *smaragdite*, e colore verde vivacissimo:

a = verde pallido
b = verde erba
c = verde azzurrognolo.

Pure frequente è un feldspato plagioclasio, geminato polisinteticamente, a lamelle nette, ma interrotte, e a decorso saltuario, con angolo d'estinzione che arriva fino a 15°-16°. Confronti col balsamo danno $\alpha' < n$ $\gamma' < n$. Si tratta dunque di *albite*.

La *zoisite*, e talora l'*epidoto*, sono pure presenti in masserelle formate da minuti granuli, talora uniti da un fondo albitico; i due minerali costituiscono così anche delle plaghe miste che accennano a un minerale preesistente, alla cui decomposizione devono forse la loro origine. *Titanite*, *granato* e *quarzo* sono accessori.

Questo calcare è separato dall'anfibolite che lo racchiude per mezzo di una specie di salbanda, formata da una roccia d'aspetto zonato, con macchiette verdi, spiccanti sopra un fondo alternatamente rosso e bianco giallastro. Questa roccia, che non può venir considerata come un calcifiro, perchè la *calcite* vi è affatto accessoria, deve al solito essere tuttavia qui descritta, perchè i minerali che la compongono sono per la massima parte quelli stessi che si presentano nel calcare, e perchè troppo intimi sono i rapporti di giacitura col calcare stesso, del quale deve considerarsi come una semplice modificazione locale.

Un fitto intreccio di minutissimi granelli di *zoisite* e di *epidoto*, densamente serrati gli uni contro gli altri, costituisce la massima parte della roccia, e racchiude gli altri elementi, dotati in genere di dimensioni maggiori. Sono questi:

Anfibolo, sempre pieno di inclusioni, per la maggior parte di *quarzo*, con aspetto cariato. Ha colore verde, e vi si notano qua e là chiazze più intensamente colorate.

Granato, irregolarmente distribuito, e in proporzioni assai variabili nelle diverse parti, talvolta copiosissimo. È roseo in sezione e limpido; però i cristalli sono ordinariamente frantumati e ricementati da *quarzo*: più raramente da *calcite*. Questo fenomeno è talora così accentuato, che si vedono delle plaghe tempestate di piccoli granuli di *granato*, i quali sembrano prodotti dalla frantumazione di un unico grosso individuo.

Quarzo, sotto forma di plaghe costituite da un aggregato granulare minuto, circondante individui dello stesso minerale, di dimensioni notevoli, a contorni regolari ed estinzioni fortemente ondulate. Lo stesso aggregato finamente granulare circonda talvolta e compenetra l'anfibolo ed il granato.

Calcite, piuttosto scarsa e localizzata.

Titanite, *zircon*, *apatite*, subordinati ed accessori.

f) — Il secondo calcifiro di questo gruppo è quello che si osserva sotto Carcoforo, dove pure sta a contatto con anfiboliti di origine eruttiva, e serve quasi a dividerle dalle forme pure anfiboliche ma più laminate e scistose che ascriviamo al gneiss-Sesia.

Il colore è grigio chiaro, talora uniforme, talora zonato come in un cipollino; grana media, aspetto assai compatto.

La *calcite* è abbondante, con dimensioni e forme assai variabili, e tracce frequenti di azioni meccaniche molto energiche. In ordine di prevalenza seguono alla *calcite*, in proporzioni pressochè eguali, la *zoisite* e il *pirosseno*. Questo è monoclinico, debolmente verdecchio o brunastro, in plaghe perifericamente frantumate, con produzione di *actinolite*. In alcuni granuli si notano numerose e fitte lamine di geminazione secondo {100}.

La *zoisite* è in bellissimi individui, larghi e regolari, con tracce di sfaldatura molto nette; è spesso concresciuta con epidoto, che ne forma la zona esterna, mentre il nucleo centrale presenta qualche volta una tinta pallidamente verdastra, anche in sezione sottile, e un debole pleocroismo, dal verde pallido al verde bruniccio. L'*epidoto* del resto si trova anche isolato, in piccoli granuli, sempre incolore in sezione sottile. Nell'interno delle plaghe di *zoisite* è frequente vedere il quarzo concresciuto con essa pegmatiticamente.

Si notano poi: *actinolite* in prismetti sottili; *mica bianca* rara; una *biotite* bruno-verdastra, in rare laminette; *quarzo* in minuti aggregati; un *plagioclasio*, jalino, ma rarissimo, che pare *albite*; e *titanite* come accessorio.

Anche qui la parte periferica dello stesso banco calcareo, al contatto con le rocce anfiboliche, fa con esse un graduale passaggio, e costituisce una roccia singolare, variegata di bianco, di verde, di rosso, a macchie e a zone.

La *calcite* vi è subordinata, e quasi accessoria. Tra i componenti mineralogici domina il *quarzo*, in forma di larghissime plaghe, costituite al centro da un grosso individuo a contorni affatto irregolari, e tutto all'intorno dalla riunione di numerosissimi granuletti, pure a limiti capricciosamente irregolari, incastrantisi l'uno nell'altro in guisa da formare una specie di fitto mosaico. Nei grossi individui è riconoscibile una complessa struttura secondaria, manifestata da un sistema di fratture impercettibili, sinuose, ma grossolanamente parallele tra loro, accompagnate da un piccolo e graduale scorrimento delle parti; le differenze di estinzione che ne sono la conseguenza impartiscono a queste larghe sezioni di quarzo un aspetto del tutto caratteristico. In minori proporzioni lo stesso fenomeno si può notare nei piccoli granuli, i quali molto probabilmente derivano dalla frantumazione periferica dei maggiori individui.

Zoisite ed *epidoto* sono molto abbondanti, ma irregolarmente distribuiti. *Anfibolo* pure è assai frequente, con pleocroismo sensibile dal verde mare al verde-erba pallidissimo, e con aspetto di actinoto.

Si osservano inoltre: *granato*, debolmente roseo in sezione, in granuli affatto irregolari e fratturati; e *titanite*, in tipiche sezioni rombe abbastanza nette.

III. - Gneiss Sesia.

A. — Gneiss chiaro scistoso.

La forma più tipica e diffusa di questa vasta formazione è un gneiss chiaro scistoso, con mica bianco-verdognola dominante, con elemento feldspatico molto acido, e distinto inoltre dalla presenza costante di un minerale del gruppo zoisite-epidoto. La tessitura della roccia è generalmente piuttosto fina, o media, così che nella più gran parte dei casi merita il nome di gneiss minuto; il colore d'insieme è grigio molto chiaro, e traente decisamente al verdolino; la scistosità per lo più facile e piana, così che in molti luoghi questo gneiss dà lastre e beole, tra le quali notissime e particolarmente ampie quelle che si traggono dalle cave di Boccioleto in Val Sermenza.

Questa forma, che diremo normale, del gneiss Sesia, alternando con rocce diverse di abito scistoso o massiccio, le quali saranno da noi successivamente descritte, ha un largo sviluppo nella nostra regione, pure variando alquanto di aspetto e di composizione: in Val Grande si può ripetutamente osservare da Scopello a Riva Valdobbia, e nelle valli ad essa laterali; in Val Sermenza, da Boccioleto fin quasi a Rima e Carcoforo; forma poi in parte il circo terminale della Val Mastallone; e si osserva ancora, benchè con abito più scistoso e men tipico, nell'alta Valle della Strona, intorno al lago di Capezzone.

Tra i feldspati sono presenti sempre l'ortoclasio e il plagioclasio: questo è alquanto prevalente sul primo, e, per quanto possiamo dire dall'esame di numerose sezioni fatte su materiale di svariatissime provenienze, pare costantemente ed esclusivamente riferibile all'albite.

Questa è in granuli di varie dimensioni, spesso a contorni come arrotondati, e geminata secondo la caratteristica legge, però non costantemente: sono frequentissimi anzi gli individui non geminati e tra i geminati quelli composti di due soli individui. Confrontata col quarzo si ebbe costantemente:

$$A_1 < 0 \quad A_2 < 0 \quad \delta_1 < 0 \quad \delta_2 < 0$$

Anche i granuli isolati dalla polvere ottenuta mediante frantumazione nel mortaio d'Abich, e immersi in una miscela di essenze di garofani e cannella ($n = 1,544$) permisero di constatare che invariabilmente:

$$\alpha' < n \quad \gamma' < n.$$

L'estinzione massima nella zona simmetrica non supera 16° .

Su lamine di sfaldatura {010} la direzione otticamente negativa fa circa 18° - 20° con le tracce di sfaldatura basale: non riuscimmo a constatare nettamente tracce di sfaldatura prismatica.

Su lamine di sfaldatura {001} geminate potemmo riconoscere che su questa faccia le direzioni otticamente negative dei due individui fanno tra loro un angolo di 9° - 10° bisecato dalla sutura di geminazione.

L'ortoclasio che, come si disse, è alquanto meno abbondante dell'albite, è pure in granuli irregolari, raramente geminati secondo la legge di Karlsbad. Le sue proprietà ottiche

furono riscontrate normali in laminette di sfaldatura separate mediante la soluzione di Thoulet. Nella roccia normale non si hanno nè struttura di microclino, nè accrescimenti micropertitici.

Il *quarzo* è pure uno dei componenti mineralogici essenziali, ma è molto irregolarmente distribuito: si osserva sia in miscela coll'elemento feldspatico, sia riunito in straterelli. Forma granuli di varia dimensione, ma sempre a contorni irregolari e sinuosi, e presenta quasi costantemente estinzioni ondulate e altre deformazioni meccaniche, al contrario dei feldspati che ne vanno esenti nelle forme tipiche di questi gneiss.

La *muscovite* è il minerale micaceo di più larga diffusione e di più notevole abbondanza. Forma lamine e squame generalmente ben visibili ad occhio nudo, disposte in prevalenza parallelamente alle facce di scistosità, e più abbondanti in alcuni straterelli, mentre altri, alternanti, ne sono assai poveri. Ha un angolo degli assi ottici piuttosto grande, e la bisettrice acuta, negativa, è sensibilmente normale alla base. Ordinariamente non è incolore, ma verdiccia, e spesso anche in sezione sottile lascia riconoscere un pleocroismo sensibile:

a = incolore

$b = c$ = verdiccio pallido.

Meno abbondante è la *biotite*, notevole per il suo colore, ch'è sempre traente al verdastro, con pleocroismo dal giallognolo chiaro al verde olivastro cupo. È, ordinariamente, in lamelle più piccole della muscovite, e, al solito, irregolarmente disseminata. È sensibilmente uniassica, e ha carattere ottico negativo.

Anche più subordinate per quantità sono le *cloriti*, in lamine isolate, o riunite in gruppi a ventaglio, o concresciute regolarmente con la biotite. Hanno generalmente pleocroismo sensibile, dal giallo chiaro al verde vivace; e spesso il segno ottico e la birifrangenza relativamente notevole fanno riconoscere con sicurezza trattarsi di *clinocloro*.

Notevoli invece per la costante presenza e per la larga diffusione sono i minerali del gruppo epidoto, che si possono ben a ragione collocare tra gli elementi essenziali, così che volendo dare alla nostra roccia un nome che ne indicasse la composizione mineralogica, bisognerebbe chiamarla gneiss epidotico.

La *zoisite* (clinozoisite) e l'*epidoto* propriamente detto sono egualmente frequenti, sostituendosi reciprocamente: comunissimo il caso di accrescimenti zonari, dei quali il centro è per lo più occupato da epidoto incolore a bassa birifrazione, mentre le zone più esterne sono costituite dalla miscela più ricca di ferro, con distinto pleocroismo dal giallo verdolino al giallo paglia chiarissimo, e più energica birifrazione. Forme cristalline in generale poco evidenti, ma l'idiomorfismo è evidente negli individui isolati, sempre allungati secondo l'asse di simmetria: geminazione secondo {100} scarsa. Abbastanza frequentemente il centro di questi cristalli è occupato da un nucleo in concrescimento regolare con le parti esterne, ma con proprietà ottiche diverse e caratteristiche, formato da *ortite*, con energico pleocroismo dal bruno giallastro o verdastro chiaro fino al bruno caffè intenso.

L'*anfibolo* non è presente che in piccola quantità, e manca spesso completamente; talvolta abbonda fuori del consueto, ma allora la roccia è molto verde anche in massa, e assume abito prasinitico. Ordinariamente si tratta di actinoto, di color verde marcato chiaro ma vivacissimo, in sottili prismetti, isolati o fascicolati, e in fibrille riunite a ciuffi.

Nei campioni più micascistosi passa anche a vera orneblenda verde con:

- a = giallo bruniccio
- b = verde mare cupo
- c = verde azzurrognolo intenso.

Tutti questi elementi colorati si possono pure spesso osservare riuniti in plaghette, o in masserelle compatte, senza intervento di quarzo o feldspati: particolarmente abbondanti vi sono la biotite in piccole squamette, l'anfibolo e gli epidoti minutamente granulari con titanite e apatite: l'insieme fa l'impressione di derivare da qualche cosa che nella roccia è attualmente scomparso.

Oltre a questi elementi, in qualche campione, per esempio in alcune varietà beolari di Boccioleto, si può osservare il *pirosseno*, in individui allungatissimi, di colore verde porro chiaro senza pleocroismo sensibile. La birifrazione è vivace; l'inclinazione delle direzioni di estinzione sull'allungamento raggiunge i 45°.

Il *granato* è abbastanza comune, quantunque non abbondante, e generalmente poco distinguibile ad occhio nudo: forma per lo più granuletti, o netti cristallini {110}, spesso riuniti a sciami numerosi. Ha colore pallidamente rosco, e non presenta, generalmente, tracce di alterazione. Cristalli più grossi si presentano nei tipi passanti a micascisto, e allora si possono vedere spesso circondati da un anello di biotite verde, che perifericamente sfuma in mica bianco-verdiccia con aspetto muscovitico, ma angolo dagli assi ottici estremamente piccolo. L'esistenza di una mica di questo tipo è degna di nota perchè trova riscontro in un fatto analogo osservato dallo Stella nei gneiss minuti e micascisti delle Alpi Graje e Cozie (25).

Scarso lo *zircone*, per lo più incluso nella muscovite; più comune la *titanite* in granuli o in cristallini fusiformi, di color bruniccio.

Calcite accessoria si presenta qualche volta come riempimento di interstizi angolosi tra gli altri elementi.

In piccola quantità si nota anche la *pirite* generalmente trasformata in limonite; del resto gli ossidi di ferro, e particolarmente la *magnetite*, sono estremamente scarsi.

Varietà locali di struttura e di composizione sono in questo gneiss straordinariamente abbondanti: non citeremo qui che quelle di poca importanza, riservando a speciali capitoli la descrizione delle rocce più diffuse e notevoli che vi si trovano intercalate.

a) *Forme minute.*

Banchi di roccia di composizione normale e a grana più minuta sono piuttosto frequenti: così se ne possono vedere in Val Grande presso Campertogno, all'imbocco di Val Sermenza, e tra Carcoforo e Rimasco. La composizione mineralogica è la stessa che fu già descritta per le forme normali: il colore d'insieme è ordinariamente un poco più scuro, e traente al grigio bruniccio verdastro.

b) *Forme epidotiche.*

Notevole pure l'arricchimento di epidoto, che in certi banchi di roccia si accumula al punto da divenirne quasi l'elemento più abbondante e impartirle un colore d'insieme verde-porro.

(25) A. STELLA. *Sul rilevamento geologico eseguito nel 1894 in Valle Varaita.* — Boll. R. Com. geol. 1895, n° 3.

Un bell'esempio si ha presso Campertogno, proprio vicino al paese, sulla riva destra della Sesia. Oltre all'epidoto, al microscopio si rivela qui abbondante anche il granato, coi più caratteristici anelli di biotite verdastra inalterata; la clorite non si ha che in piccola quantità dove avvenne una vera alterazione; anche la titanite è largamente rappresentata.

Aspetto più compatto e colore più bruniccio ha uno scisto a zoisite, che si osserva sotto Carcoforo e forma quasi passaggio dalle anfiboliti e prasiniti alle rocce più decisamente gneissiche. La zoisite è in piccoli granuli cristallini allungati, numerosissimi e riuniti specialmente in sottili straterelli: vero epidoto è scarso, e rara la ortite. Come accessorio, oltre al quarzo, la muscovite e l'albite, si hanno scarse lamelle di flogopite, e lenticelle di titanite finissimamente granulare. Qualche volta si aggiunge il granato in grossi cristalli, come a Piè di Rosso, sotto Carcoforo.

c) *Forme cloritiche.*

Un'altra varietà di questi gneiss, la quale si trova, alternante con le forme consuete, tra il passo di Baranca e la Cascata, presenta questo di caratteristico che l'elemento colorato più abbondante è la clorite: questa ha debolissima birifrazione, segno ottico positivo (cioè negativo nel senso dell'allungamento in sezione trasversa), pleocroismo mediocre, e forma aggregati di squame e anche lamine larghe e regolari insieme con la muscovite, ch'è pure abbondante; scarsi l'epidoto e la titanite; dei feldspati prevale l'albite.

B. — Micascisti.

Intercalazioni di micascisti con potenza varia sono frequenti in tutta l'area occupata dal gneiss Sesia: più abbondantemente sono rappresentati al confine S. E. verso le rocce eruttive, specialmente in Val Grande e in Val Sermenza; se ne trovano però a tutti i livelli, e così si possono osservare per es. sotto Carcoforo, nei dintorni di Piè di Rosso, come nella bassa Val Sermenza, presso Pallancato, a monte di Boccioleto, ecc. Il loro colore d'insieme è per lo più grigio chiarissimo, traente più o meno al verdastro: la loro natura muscovitica è già riconoscibile alla prima ispezione. Ordinariamente hanno struttura fogliettata e scistosità oltremodo facile: sono anzi spesso squamosi incoerenti; viva la lucentezza sulle facce di scistosità: il granato in cristallini che possono arrivare alla grossezza d'un pisello vi è notevolmente diffuso e ben riconoscibile al suo colore roseo. Qualche volta l'abito di queste rocce è piuttosto filladico, e la lucentezza allora è più moderata, quasi sericea; la tessitura più fina, a straterelli ondulati; il colore più decisamente verdastro.

L'elemento feldspatico è scarso: sono però presenti l'*ortoclasio* e l'*albite*, coi caratteri stessi che furono già descritti a proposito dei gneiss.

Abbondante al contrario il *quarzo*, in granuli irregolari, spesso accumulati in straterelli alternanti con gli altri più ricchi di mica, o in ghiandole e lenti riconoscibili ad occhio nudo.

La mica è quasi esclusivamente *muscovite*: ha caratteri ottici normali e forma larghe lamelle, o straterelli di lamine più minute, qualche volta anche delle pellicole, che alternano con gli altri elementi, e si piegano a circondare i grossi cristalli di granato e le lenticelle quarzose. Vi è generalmente frammista alquanto *clorite*, sempre però subordinata, meno dove deriva dalla alterazione del granato e dell'anfibolo.

Questo, che ordinariamente si presenta coi caratteri di un' *actinolite* verde mare, in proporzioni di quantità molto oscillanti, forma individui prismatici allungati, o riuniti a fasci, spesso curvi o frantumati trasversalmente. Molto più scarso è il *glaucofane*, di colore chiarissimo, ma ben riconoscibile al suo caratteristico pleocroismo dal violetto all'azzurro: è ordinariamente circondato da un anello di anfibolo verde.

Abbastanza ben rappresentati l'*epidoto* e la *zoisite*; questa è però senza paragone più abbondante del primo, e forma i soliti individui allungati, posti parallelamente al piano di scistosità, o cumuletti di minuti granuli.

Molto diffuso, come già dicemmo, e talvolta decisamente abbondante, è il *granato*, di colore roseo pallido, e per lo più fresco e inalterato: i suoi cristalli sono ordinariamente ben formati come rombododecaedri: tra le inclusioni addensate al centro dei cristalli, notevoli, oltre al quarzo, quelle di *rutilo*.

La frequenza di questo elemento accessorio è caratteristica dei nostri micascisti: i suoi cristallini o granuli irregolari, di colore giallo bruno, si trovano inclusi in tutti gli altri elementi, e sembrano essere in rapporto di quantità inverso con la *titanite*. Questa del resto circonda talora come un sottile anello i più grossi individui di *rutilo*.

Qua e là si osserva pure la presenza della *calcite* in plaghe secondarie: scarsi gli ossidi di ferro; scarsissimo lo *zircone*.

C. — Rocce prasinitiche.

Abbiamo già detto come nella zona gneissica siano frequenti gli interstrati di rocce verdi; questi sono però molto inegualmente disseminati: scarsissimi in alcune località, sono altrove così frequentemente intercalati alle forme chiare da formare una massa decisamente a zone, alternativamente grigio-verdicce e verdi scure.

Di questi interstrati verdi possono dare un esempio quelli che si notano in varie località fra Priami e Ferrate in Val di Carcoforo, e che sono formati da una vera *prasinite anfibolica*. L'*anfibolo* è verde chiaro, in plaghe larghe o in fasci di prismetti allungati subparalleli, frequentemente geminati secondo {100}. L'abbondanza sua è varia, ma sempre notevole, e in alcuni strati esso è l'elemento più copioso della roccia. Nuclei residui di orneblenda bruna non si presentano che come tracce incerte; ma l'aspetto del minerale è identico a quello presentato nelle prasiniti che ebbero a descrivere come derivanti da anfiboliti eruttive della zona settentrionale.

Tra i feldspati sembra non siano presenti che l'*albite* e l'*ortoclasio*, poi che ripetuti confronti col balsamo e col quarzo dimostrano che non vi si trovano che termini di un potere rifrangente a essi inferiore. L'*albite* è raramente in geminati polisintetici, e per lo più costituita da piccoli individui frammisti al *quarzo*, ch'è pure comune, ma subordinato all'elemento feldspatico.

Zoisite ed *epidoto* sono frequenti, e la prima più del secondo: formano gruppi di parecchi piccoli granuli, o anche individui isolati.

Muscovite e *clorite* sono più scarse: abbastanza diffusa invece la *calcite*.

Tra gli elementi accessori notevole specialmente la *titanite* in cristallini o cumuletti regolari; gli ossidi di ferro sono estremamente scarsi, meno quelli che derivano dalla alterazione dei cubetti di pirite disseminati nella roccia.

Una roccia anfibolica più massiccia è invece quella intercalata nelle forme comuni del gneiss Sesia presso l'Alpe Rissuolo, sul versante meridionale del Corno Bianco. Il minerale più abbondante vi è l'*orneblenda*, bruna al centro e inverdita solo alla periferia e lungo le screpolature. L'elemento feldspatico, originariamente forse solo *plagioclasio*, è interamente saussuritizzato. *Titanite* accessoria.

Come *prasinite anfibolica granatifera*, passante ad anfibolite granatifera, possono essere designati gli interstrati verdi che si osservano nel consueto gneiss in Val di Rassa, poco sotto a questo paese, e che per la composizione mineralogica, come per l'aspetto esterno, rammentano da vicino alcuni tipi delle vere pietre verdi.

L'elemento prevalente è qui l'*anfibolo* verde, in gruppi di piccolissimi prismetti, in parte paralleli gli uni agli altri, e in parte fittamente e variamente intrecciati: questi gruppi o ciuffi sono sparsi in gran numero per tutta la roccia, e inoltre tra essi notansi ancora altri individui anfibolici, alquanto più grossetti e più nettamente formati.

Gli interstizi sono occupati da un minerale incolore, di natura feldspatica, a basso potere rifrangente, che riteniamo per la più gran parte *albite*; anche questo fondo incolore, che talvolta è ridotto a poca cosa, è per di più, come fu detto, pieno di aghetti e cristallini d'*actinoto* che lo lardellano in tutti i sensi.

Il *granato*, abbastanza abbondante, è in cristalli piuttosto imperfetti, screpolati e in parte anche cloritizzati.

Muscovite e *clorite* sono del resto accessorie, e accessoria la *titanite*, in cumuletti microgranulari.

Meno comuni, ma altrettanto degne di nota, sono le *prasiniti cloritiche*, tra le quali possiamo citare come caratteristiche quelle che formano potenti interstrati nel gneiss nei dintorni di Failungo superiore in Val Grande.

La roccia, molto verde e poco scistosa, è composta essenzialmente di *albite*, *clorite* e *calcite*, con poco *anfibolo*, *epidoto* e *titanite*.

L'*albite* è spesso geminata, ma di raro in gruppi lamellari di più che due o tre individui; l'estinzione massima nella zona simmetrica fu osservata $= 14^\circ$; i confronti col balsamo non lasciano dubbio sulla determinazione. Essa forma granuli irregolari, ma talora a contorni quasi rotondeggianti, e circondati d'ogni parte da *clorite*. È dubbio se ci si trovi anche *ortoclasio*. Il *quarzo* c'è, ma estremamente scarso.

La *clorite* domina tra gli elementi colorati: le sue lamelle sono spesso riunite in gruppi o fasci radiati od a ventaglio, e non disposte parallelamente alla scistosità, la quale del resto, come fu detto, è poco evidente. Intercalate qua e là tra le lamine di *clorite*, in posizione parallela, sono altre lamelle con più forte pleocroismo, birifrazione più vivace e carattere ottico positivo dell'allungamento, la cui natura pare biotitica.

La *calcite* è diffusa dovunque, ma alquanto irregolarmente, e accumulata specialmente in alcuni punti.

L'*anfibolo*, scarso, è *actinolite*: forma esili prismetti di color verde mare vivace; un poco più comune l'*epidoto*, non già in cristallini allungati e idiomorfi come di consueto, ma in granuletti di aspetto frammentario.

La *titanite* è relativamente abbondante.

Per l'aspetto macroscopico, come per lo studio microscopico, questa roccia si avvicina moltissimo a quelle *ovarditi*, che saranno descritte tra le vere pietre verdi.

D. — Rocce massicce intercalate.

Uno dei fatti più notevoli in questa formazione è la presenza di banchi e di masse talvolta molto potenti di rocce granitoidi veramente massicce inserite tra le forme più scistose. Questa osservazione fu già fatta dal Gerlach, il quale molto opportunamente aveva fatto rilevare la analogia di queste rocce granitiche coi protogini del massiccio centrale. L'analogia risulta ancora più evidente all'esame microscopico di certi campioni; solo può osservarsi nelle rocce di Valsesia una maggiore tendenza alla struttura porfirica, così ch'esse, pur variando notevolmente, stanno quasi tra la vera forma granitoide del protogino e quella di porfido granitico più o meno laminato che è distinta col nome di apenninite, besimaudite, ecc.

E tanto più è degno di nota il fatto in quanto che i nostri operatori del Comitato geologico hanno trovato nelle Alpi occidentali non solamente tra i banchi del gneiss così detto *centrale*, ma anche tra i gneiss minuti della zona delle pietre verdi, alcune rocce granito-porfiriche affatto analoghe alle forme massicce da noi accennate.

Queste, per la struttura e la composizione mineralogica, si possono però dividere in tre gruppi nettamente distinti, dei quali uno è mancante di quarzo riconoscibile ad occhio nudo ed è ricco di microclino; l'altro, più veramente granito-porfirico, mostra copiosamente il quarzo e i plagioclasti in grossi individui; il terzo finalmente è francamente dioritico.

a) TIPO A MICROCLINO.

Oltremodo caratteristico l'aspetto di questa roccia: su una massa di color grigio chiaro, variegata di verdognolo, e seminata di feldspati bianchicci riconoscibili alle brillanti sfaldature, sono sparse macchiette nero-verdastre irregolari, angolose, o laciniate, a struttura minutamente scagliosa; questi spruzzi o macchiette, talora più numerosi, tal'altra volta più scarsi, variano anche per dimensione, oscillando tra uno o due millimetri e qualche centimetro; la macchiettatura è però in generale piuttosto grossolana.

Di struttura scistosa nelle forme tipiche non v'ha traccia; sul terreno si può riconoscere una struttura a grandi banchi. Spesso poi è possibile avvertire un passaggio a quel tipo di tessitura che i petrografi tedeschi chiamano *flaserig*, tipo che però raramente si estrinseca in modo chiaro e formale.

Questa curiosa roccia, alternante a grandi banchi e masse potenti coi tipi più scistosi, si può osservare nel suo massimo sviluppo in Val Grande, tra Failungo e Piode, fino a Campertogno e quasi a Mollia, ma se ne hanno esempi altrettanto caratteristici in Val Piccola, sotto Fervento, in Val di Rassa, ecc.

Il *microclino* è il feldspato di cui sono costituiti i grossi cristalli visibili ad occhio nudo, che non di rado arrivano alle dimensioni di un centimetro e più. Sono raramente geminati secondo la legge di Karlsbad; evidentissima invece sempre la geminazione polisintetica albite-pericline, con la caratteristica apparenza di graticcio tra i nicoli incrociati: i limiti delle lamelle sono al solito poco netti e alquanto ondulati. Lamine di sfaldatura si ottengono assai facilmente, specie secondo {001}: in parecchie di queste misurammo tra le estinzioni dei due sistemi di lamelle simmetriche rispetto alla traccia di geminazione un angolo di 30°—33°. Su altre lamine parallele alla sfaldatura {010} la direzione di estin-

zione otticamente negativa fu trovata fare 5° — 6° con la traccia di sfaldatura basale. Gli indici di rifrazione del minerale sono sempre inferiori a quello del balsamo.

Questi cristalli non sono mai interi, ma mostrano sempre le tracce di una cataclasi straordinariamente energica; ordinariamente sono tutti rotti, a frammenti, e le fessure e i vacui si vedono riempiti da una miscela microgranulare quarzoso-feldspatica, in parte formata dal minerale originario in minuti frammenti. Del resto chimicamente il microclino si è conservato fresco, inalterato, nè ha perduto la limpidezza originaria; anche le inclusioni sono scarsissime e tra le primitive non si possono annoverare che pochi prismetti di apatite, mentre le secondarie si riducono a granuli di quarzo, e cristallini, scarsi, di zoisite. Non vi abbiamo mai potuto osservare traccia di accrescimenti micropertitici, quantunque l'albite non manchi, come diremo.

Le macchiette o mosche verdi scure, che già macroscopicamente mostrano struttura scagliosa, si rivelano al microscopio costituite appunto essenzialmente da cumuli o gruppi numerosi e fitti di *biotite* in squamette piuttosto piccole, uniformi, orientate in tutti i sensi. Il colore di questa mica è bruno verdastro, con pleocroismo fortissimo dal giallo bruniccio al verde oliva scuro; gli altri caratteri ottici sono perfettamente come nei gneiss minuti. Alla *biotite* si aggiungono qui cristallini di *zircono*, spesso piuttosto grossi, di colore roseo; prismetti di *apatite*; *ilmenite* trasformata profondamente alla periferia in *leucoxeno* con struttura talvolta fibroso-raggiata. Tutto questo insieme richiama le concentrazioni di elementi basici di prima formazione nelle rocce granitoidi: che però la *biotite* non sia originaria appare probabile sì dal suo colore come dalla sua struttura scagliosa; ma non è facile asserire alcun che di preciso sulla natura di questo presunto silicato originario. Tuttavia, in una sezione, al centro della masserella verde, trovammo avanzi evidentissimi di un cristallo di *pirosseno monoclinico* di color verde chiaro. Perifericamente poi, oltre ai minerali fin qui citati, si possono osservare, con minore costanza di sviluppo, *epidoto*, *zoisite*, *mica bianca* in squamette; e poco frequentemente anche il *granato* roseo, in gruppi di granuli irregolari.

In casi più rari, questo processo di trasformazione sembra essere più evoluto: la *biotite* allora è parzialmente cloritizzata, l'*ilmenite* scomparsa, con formazione di abbondante *titanite*, e l'*epidoto* in granuli minuti e spesso agglomerati diventa copioso più di tutti gli altri elementi. La roccia assume allora, macroscopicamente, colore giallo verdognolo, senza perdere nulla della sua compattezza e del suo aspetto massiccio.

Gli interclusi di microclino e gli spruzzi basici stanno compresi in una vera pasta fondamentale, a grana varia, ma generalmente fina, tanto da rendere difficile lo studio della parte incolore.

I minerali che la costituiscono sono:

Albite in cristalli semplici o geminati, a contorni arrotondati; l'estinzione massima nella zona di simmetria non supera 16° ;

Microclino in granuletti che in parte almeno derivano dalla frantumazione dei grossi cristalli;

Quarzo, non molto abbondante, e in ogni modo subordinato alla parte feldspatica.

In qualche plaga dove le dimensioni degli individui di questi elementi sono alquanto maggiori, essi formano granuli regolari, riuniti a mosaico, dando origine ad una struttura analoga a quella detta dai francesi *granulitique*. *Biotite*, *muscovite* e *clorite*, in squamette, per lo più piccole, talvolta numerosissime; *epidoto* e *zoisite* in granuli irregolari anche abbastanza grandi; *titanite*, *zircono*, *apatite* come accessori si aggiungono poi in varie porzioni al quarzo ed ai feldspati.

b) TIPO QUARZIFERO.

L'aspetto esterno di questa roccia è francamente granitoide; il colore è grigio chiaro, con venature e mazzature verdastre: già macroscopicamente sono ben visibili numerosi e grossi individui di quarzo, d'un colore azzurrognolo affatto caratteristico, e cristalli non meno grossi (fino ad un centimetro) di feldspato bianchiccio. Di vera scistosità non c'è nemmeno la traccia: bensì sono riconoscibili dei piani di laminazione, rivestiti da leccature di mica sericitica ed epidoto. In grande, una formazione a banchi è pure spesso avvertibile.

In Val Grande tra Curgo e Isoello, e in Val Sermenza intorno a Rimasco, località dove questa forma è molto sviluppata, essa è compresa tra forme più scistose, e più o meno verdi, spesso laminate, ordinariamente con abito di gneiss minuto. In Val Mastallone, sopra Fobello, la stessa roccia alterna a potenti banchi con una anfibolite ad ornoblanda bruna, più o meno scistosa. Del resto, affioramenti meno vasti, ma altrettanto caratteristici, si osservano sopra Rimella verso S. Anna, ai Ronchi in Val Artogna, presso l'Alpe Lago Nero alle falde del Corno Bianco, ecc.

Il più caratteristico e qualche volta il più abbondante minerale che si osservi in grossi granuli è il *quarzo*. La forma originaria dei suoi cristalli non si può tuttavia mai osservare, poi che in queste rocce si verifica costantemente una cataclasi, in vario grado progredita, ma che fu sempre sufficiente a deformare il quarzo più o meno energicamente. Sono abundantissime le plaghe larghe e regolari, che si mostrano all'evidenza derivate da un unico individuo, ma che tra i nicols incrociati si rivelano formate da tante parti a contorni mal definiti, spostate in modo regolare le une rispetto alle altre. Ognuna di queste parti o granuli è di pochissimo differente per l'orientazione dalle immediatamente adiacenti; ma poi che nella stessa direzione le variazioni avvengono nello stesso senso, e le parti egualmente orientate sono allineate in serie parallele o raggiate, così tra le estreme la differenza è fortissima, e l'estinzione passa successivamente dall'una all'altra, spostandosi parallelamente, o ruotando a ventaglio, o in cento altri modi capricciosi ed elegantissimi. Contemporaneamente si può vedere che la forma complessiva, originariamente per lo più isodimensionale, tende ad appiattirsi; i granuli diventano lenticolari, le sezioni loro ellittiche o grossolanamente fusiformi. Perifericamente poi, e lungo alcune screpolature principali, le differenze tra l'orientazione dei singoli granuli aumentano tanto e così irregolarmente che ne deriva un aggregato granulare del quale non si può riconoscere l'origine frammentaria se non con attento esame. Nelle più larghe fessure, lungo le quali è comune osservare uno scorrimento, si può spesso avvertire anche la intrusione di una miscela granulare, in gran parte elastica, formata dagli altri minerali presenti nella roccia.

Tra le inclusioni del quarzo, scarse, notevoli soprattutto degli aghetti, anche lunghi ma estremamente sottili, apparentemente neri ed opachi, con tutta probabilità per riflessione totale, che riferiamo dubitativamente a rutilo. Inclusioni fluide irregolari sono pure presenti, ma, almeno in parte, di origine verosimilmente secondaria.

Non minore è l'abbondanza del feldspato, che si può riconoscere in grandissima prevalenza di natura plagioclasica. La geminazione secondo la legge dell'albite è costante, almeno nei grandi individui, ma solo di rado con lamelle larghe e regolari; generalmente le lamelle sono piccole e interrotte, fittissime, e qualche volta plaghe di questo aspetto alternano con altre in cui le geminazioni sono scarsissime. Molto rara e affatto di secondaria

importanza la geminazione del periclino: invece si osservano alcuni geminati di Karlsbad molto netti.

L'estinzione massima nella zona simmetrica non supera 16°. In un geminato albite-Karlsbad determinammo:

$$\begin{array}{cccccc} a & b & c & d & e & f \\ - 9^\circ & - 11^\circ & - 13^\circ & + 8 & + 8\frac{1}{2}^\circ & + 9^\circ \end{array}$$

Nella posizione di comune illuminazione le due metà sono appena distinte una dall'altra.

È facile poi avere lamine di sfaldatura. In parecchie di queste, parallele alla base, i due sistemi di lamelle fanno simmetricamente dalle due parti della sutura angoli di 4°-7° (complessivamente tra le due lamine 9°-12°). In altre lamine, parallele alla {010}, la direzione di estinzione negativa sta nell'angolo ottuso tra le tracce delle due sfaldature basale e prismatica, e fa 19°-21° con la prima di queste. Confronti col quarzo, ripetuti parecchie volte in posizione parallela e incrociata, diedero sempre nettamente:

$$\Delta_1 < 0 \quad \Delta_2 < 0 \quad \delta_1 < 0 \quad \delta_2 < 0.$$

Confronti col balsamo (questo sembra avere $n = 1.540$) diedero

$$\alpha' < n \quad \gamma' \geq n.$$

Non si può quindi avere nessun dubbio sulla natura di questo feldspato, ch'è sicuramente *albite*.

Le alterazioni meccaniche vi sono frequenti come nel quarzo, ma nella maggior parte dei casi non conducono che a fratturazioni parziali e a grandi screpolature con scorrimenti e spostamenti, non fino al completo sgretolamento. Perifericamente si notano talvolta anche accrescimenti micropegmatitici col quarzo.

Il minerale è d'ordinario freschissimo e limpido; ma non mancano esemplari in cui esso è parzialmente intorbidato, con produzione di mica bianca in sottili squamette. In questi casi naturalmente la diagnosi riesce difficile, perchè è impossibile il confronto col balsamo e col quarzo, e le lamelle di sfaldatura non si staccano nè sono trasparenti. Tuttavia le estinzioni che, dove si vedono, sono ancora quelle dell'albite, la scarsità o mancanza della zoisite tra i prodotti d'alterazione inclusi, e i passaggi tra il feldspato fresco e l'alterato, ci persuadono che almeno nella maggior parte dei casi si tratta ancora di albite. Tuttavia non abbiamo il diritto di escludere che tra i più profondamente alterati e non studiabili ne esistano anche di quelli originariamente più basici.

Affatto subordinati, ma pure presenti in quantità variabili, sono l'*ortoclasio* e il *microclino*.

Nei tipi più granitoidi, che sono i più comuni, i grandi individui di quarzo e feldspato costituiscono la massima parte della roccia, e solo tra essi si notano zone ed interstizi a struttura granulare, ma di origine clastica, e dovuti alla fratturazione periferica. In queste zone o spazi irregolari si accumulano la *mica bianca* in piccole squame, spesso numerosissime; l'*epidoto* e la *zoisite* in granuli pure piuttosto piccoli, riuniti in gruppi numerosi. Nei piani di più intensa laminazione questi due minerali dominano, e la mica ha struttura e aspetto *sericitico*.

Tra gli elementi costitutivi di minore abbondanza vanno ricordati la *biotite*, l'*anfibolo* e l'*ortite*.

La prima, sempre bruno-verdastra, è scarsa, in squame irregolari, non mai molto grandi, talvolta curve, e spesso cloritizzate; in un campione dell'Alpe Lago Nero potemmo vedere

distinte pseudomorfosi di epidoto su biotite; di questa era ancora perfettamente riconoscibile il contorno, di lamine larghe e grossette, spesso curve e distorte.

L'anfibolo non è presente che in alcuni campioni, e anch'esso scarso: ha colore giallo verdiccio, pleocroismo poco forte, e si fa notare per la sua struttura decisamente fibrosa.

Notevole l'*ortite*, la cui presenza costituisce una analogia di più tra queste rocce e il protogino del M.^o Bianco. Essa forma cristallini di circa $\frac{1}{2}$ mm. e quindi già perfettamente riconoscibili ad occhio nudo sul campione, per il colore brunastro e la viva lucentezza: presenta le forme {100}, {001}, {101} con qualche maggiore sviluppo della prima: frequentemente è geminata secondo {100}. Sfaldatura poco evidente: invece i cristallini sono traversati da numerose fratture irregolari, reticolate. La birifrazione è mediocre; caratteristico il pleocroismo, forte:

a = giallo bruniccio chiaro;

b = bruno marrone cupo;

c = bruno verdastro scuro.

Alla periferia si nota un anello di epidoto in concrescimento regolare, ma con tutta probabilità di origine secondaria.

Quali accessori poi si hanno: *ilmenite*, con largo anello di *leucoxeno* all'intorno; *titanite*, scarsa; discretamente diffusa l'*apatite* in grossi granuli; *zircone* in nettissimi cristallini; *calcite*, secondaria, rara e senza importanza.

La struttura clastico-porfirica cui queste rocce tendono sempre, si esplica alle volte in modo assai chiaro: ma è sempre visibile solo in sezione sottile, con l'aiuto del microscopio. Altre volte, come in qualche località nei dintorni di Rimasco, si osserva anche una vera struttura porfirica, la quale richiama, assai più che il protogino, gli esemplari più massicci della ben nota roccia del Suretta. Gli interclusi cioè sono di solo quarzo in grossi granuli, e circondati da una vera pasta fondamentale microgranulare di color grigio verdognolo, composta d'un minuto mosaico di quarzo e albite, con squamette abbondanti di mica bianca, e granuletti di epidoto. In questi casi noi siamo convinti trattarsi di una struttura originariamente e veramente porfirica; poi che altrimenti non sapremmo spiegare la sussistenza del quarzo nella sua forma, relativamente poco modificata, in una roccia nella quale il feldspato, ordinariamente meno fragile, sarebbe stato interamente sgretolato e distrutto, con ricristallizzazione completa dei frammenti.

c) TIPO DIORITICO PIROSSENICO-ANFIBOLICO.

Questo terzo tipo è il più raro, e l'abbiamo potuto osservare solamente in Val Sorba, poco sopra Rassa, dove forma quello sperone che divide appunto la vera Val Sorba dalla Val Gronda o di Sassolenda, sperone che sulle carte al 25 mila è indicato come P. del Loransolo. La forma più tipicamente massiccia la osservammo nelle pareti sopra Campello; ai margini si sviluppano per laminazione delle forme scistose che passano alle normali del Gneiss Sesia e alle forme prasinitiche in esso contenute. A monte avviene un fatto analogo verso il micascisto granatifero, che viene quindi ad essere separato dal gneiss Sesia per mezzo di queste forme dioritiche e dei loro prodotti incerti di laminazione. In questo senso, la roccia del P. Loransolo starebbe piuttosto a rappresentare le pietre verdi propriamente dette; ma la separazione tra gneiss Sesia e pietre verdi, poco chiara altrove, dove si può dire trattarsi di due facies della stessa formazione, è qui meno chiara che

mai, e abbiamo preferito, nel dubbio, collocare qui questa forma incerta, come altre forme verdi non spettanti alla zona principale di questa formazione.

L'aspetto della roccia nelle parti meno modificate da fenomeni dinamici e chimici, è tipicamente massiccio, e la roccia, grigio-verdiccia, macchiettata di verde nerastro, somiglia non poco a certe dioriti augitiche con anfibolo secondario. Al microscopio si rivela come una diorite pirossenico-anfibolica con biotite accessoria. I fenomeni metasomatici, specialmente chimici, vi sono molto evidenti, anche negli esemplari relativamente meglio conservati.

Il pirosseno non si trova più che in piccola quantità, con l'aspetto di residui sfuggiti alla paramorfosi anfibolica, la quale è avvenuta palesemente su larga scala. Si tratta di *pirosseno monoclino*, con abito augitico, talora geminato secondo {100}, incolore o appena verdiccio in sezione, con numerose facule di orneblenda bruna in regolare concrescimento. Il processo normale di alterazione è, come fu detto sopra, una trasformazione in *anfibolo* secondario, in lunghi prismi fascicolati, subparalleli tra loro, e con gli assi x e y , al solito, quasi paralleli a quelli del minerale originario. Questo anfibolo, incolore anch'esso, o appena verdiccio, d'aspetto actinolitico, con vivissima birifrazione, è spesso geminato secondo {100}, anche polisinteticamente, a prismetti alternanti, in modo che tra nicols incrociati si ha talvolta un aspetto elegantissimo analogo a quello della orneblendite di Rossa già descritta più addietro. Le facule di orneblenda bruna si conservano inalterate entro l'anfibolo secondario, che svela così la sua origine, già del resto dimostrata all'evidenza dai resti di pirosseno che vi sono contenuti. All'intorno del pirosseno, come delle plaghe actinolitiche che da esso derivano, si nota abbastanza spesso una larga bordatura di *orneblenda*, bruna o verde-bruna, pure in posizione di regolare concrescimento con tutto il resto, e con l'aspetto identico a quelle delle facole incluse nel pirosseno. Si tratta qui di un minerale originario, il quale non ha nulla che fare, geneticamente, coll'anfibolo di seconda formazione, e che si trova anche isolato, in granuli abbastanza grossetti, irregolari, anch'essi talvolta geminati secondo {100}.

La *biotite* è pure comune, ma in quantità subordinata; le lamelle incluse nel pirosseno o nell'orneblenda conservano talvolta ancora i caratteri del minerale originario, solo con un poco di impallidimento; ma ordinariamente essa è completamente alterata in clorite, con abbondante produzione, specialmente ai margini, di minuti granuletti poco trasparenti, di aspetto leucoxenico; qualche volta si ha pure la neoproduzione di sottilissimi aghetti di rutilo in elegante reticolato sagenitico.

L'elemento feldspatico, abbondante, in plaghe larghe e regolari, è sempre alterato profondamente, così da non potersi assolutamente studiare dal lato ottico. Sembra essere da riferire originariamente ad un *plagioclasio sodico-calcico*; e qua e là si notano ancora tracce di lamelle di geminazione polisintetica, mal definite e a contorni incerti. I prodotti d'alterazione sono normali; granuletti di *zoisite*, e lamelle di *mica bianca*, queste e quelli piccoli e numerosissimi, immersi in un fondo che in parte è forse avanzo del minerale originario, ma in parte maggiore sembra doversi ascrivere ad *albite* secondaria; piccole plaghette limpide, geminate, di questo minerale, sicuramente secondarie, si trovano qua e là negli interstizi tra gli altri elementi.

La stessa funzione compie il *quarzo*, scarso nei campioni meno alterati, esso pure evidentemente secondario.

La *muscovite*, oltre alle piccole lamelle già nominate, si trova pure qualche volta in laminette isolate abbastanza larghe; è più frequente nei campioni maggiormente alterati, ed è anch'essa assai probabilmente tutta d'origine secondaria.

Tra gli accessori il più comune è l'*ilmenite*, in granuletti irregolari, con frequenti inclusioni d'apatite; essa è ordinariamente circondata da un bordo di leucoxeno in cumuletti di minutissimi granuli; talvolta la alterazione segue altra via, e nell'interno dei granuli ilmenitici si vedono formare in copia piccoli prismetti irregolari di *rutile*. Lo *zircon* è abbastanza scarso, ma in cristallini relativamente grossetti; l'*apatite*, oltre che nella ilmenite, si trova in piccola quantità in tutta la roccia.

Nei campioni più periferici, il pirosseno è scomparso con la biotite; la muscovite e la clorite sono più diffuse; prevale l'anfibolo verde secondario, con qualche traccia residua di orneblenda bruna; la zoisite aumenta pure; la struttura granulare è cancellata dalla scistosità secondaria, nei cui piani si accumulano gli elementi lamellari; la roccia passa ad una vera *prasinite anfibolica*.

E. — Gneiss ghiandolari.

Questa roccia corrisponde abbastanza bene a quelle che dagli egregi rilevatori del Comitato geologico ebbero nome di *gneiss occhiolati*: è cioè un gneiss grigio-verdastro, porfiroide per numerosi cristalli e ghiandole di feldspato bianco. Questi, che posson arrivare a superare un centimetro e mezzo nella dimensione massima, si mostrano già ad occhio nudo geminati secondo la legge di Karlsbad, e son tabulari secondo {010}; la disposizione di questa faccia è sensibilmente parallela al piano di scistosità.

Questo gneiss occhiadino si trova, alternante con le altre rocce di questa formazione, in parecchi punti dell'area da noi rilevata, ma non ha in generale una potenza molto notevole, e passa per gradazioni insensibili ai tipi più minuti e scistosi. Presenta il maggiore sviluppo in Valle di Carcoforo, tra Priami e Ferrate, e nei valloni laterali; ma l'abbiamo pure osservato sopra Rimella, presso l'alpe Bach, sulle rocce del Capezzone che dominano il lago omonimo, ecc.

I grossi individui feldspatici si rivelano con lo studio microscopico costituiti dalla miscela in accrescimento regolare di due feldspati, il *microclino* e l'*albite*. Come massa, domina generalmente il microclino, e in esso sono inseriti straterelli, lenti, ghiandolette di albite, per modo che, al solito, la faccia {010} e l'asse verticale siano comuni ai due minerali; queste parti albitiche intercalate non sono però generalmente così minute e sottili, nè vi ha tra i due minerali quell'intimo collegamento che non si possano sempre al microscopio distinguere bene uno dall'altro, e sono egualmente bene riconoscibili la struttura reticolata dell'uno, e la geminazione lamellare polisintetica dell'altro; si tratta cioè di pertite e non di micropertite.

Entrambi i minerali hanno rifrangenza più bassa del quarzo, col quale facemmo parecchi confronti; paragonati tra loro si constata che gli indici di rifrazione dell'albite sono sempre superiori a quelli dell'altro feldspato, benchè talvolta la differenza sia piccolissima. Su lamine di sfaldatura basale osservammo per il microclino una estinzione di 15°-17° per ogni sistema di lamelle rispetto alla sutura; per l'albite di circa 9°-10°; ma la differenza è resa evidentissima dalla mancanza delle lamelle secondo la legge del periclino nelle parti albitiche. Più evidenti ancora e in alto grado caratteristiche le lamelle che facilmente si ottengono secondo {010}, e lasciano riconoscere, oltre alle tracce di sfaldatura basale, anche quelle della sfaldatura prismatica; nel microclino come nell'albite scompaiono le tracce di geminazione completamente, e si constata che per entrambi l'estinzione avviene in senso

positivo, a 4°-6° dalle tracce di {001} per il microclino, a 18°-21° per l'albite, quindi a circa 15° una dall'altro. La geminazione di Karlsbad, già riconoscibile ad occhio, si conferma essere quasi costante.

Fratture, curvature diverse, spaccature con intrusione di quarzo granulare, e altri fenomeni di metamorfismo meccanico, sono anche nei feldspati di questi gneiss oltremodo comuni.

Tutti gli altri elementi della roccia hanno dimensioni molto minori. Abbondante vi è il *quarzo*, spesso in lenticelle formate da minuti granuli, i quali per la loro disposizione lasciano con molta probabilità argomentare ad una derivazione per laminazione da un unico grosso individuo.

Quarzo, albite, poco microclino e, pare, pochissimo ortoclasio, si vedono poi formare anche un mosaico o una miscela granulare più o meno regolare, insieme agli elementi colorati, affatto analoga a quella che forma i gneiss chiari scistosi.

Tra le miche, la *muscovite* lievemente verdognola è alquanto più abbondante della *biotite*, bruno verdastra, coi soliti caratteri; esse sono entrambe disposte in serie o straterelli sinuosi, che si inflettono regolarmente per abbracciare i cristalli porfiroidi di feldspato, e le ghiandolette di quarzo. Le laminette sono spesso curve, o laciniate, e nei piani di maggiore e più evidente laminazione l'elemento micaceo assume speciale carattere sericitico. La *clorite* è generalmente scarsa.

Zoisite ed *epidoto*, in piccoli granuli, numerosissimi, affettano la stessa distribuzione parallela come le miche, delle quali sembrano ricercare la compagnia.

Anche l'*ortite* è presente spesso, coi caratteri stessi ch'essa presenta nelle rocce granitoidi testè descritte.

Titanite, *apatite*, *zircon*, *pirite*, *ematite* e *ilmenite* son presenti quali accessori.

Quello che vi ha di più notevole in queste rocce, le quali per composizione mineralogica non tendono affatto a rompere la uniformità che domina in tutta la formazione, è la struttura; la quale, come il microscopio rivela chiaramente, è dovuta per massima parte al dinamometamorfismo. La cataclasi dei feldspati, la fratturazione completa del quarzo, la disposizione della *zoisite* in straterelli, la presenza della *sericite*, non meno che l'osservazione della roccia in posto e dei vari suoi aspetti, non lasciano dubbio, a parer nostro, sulla natura originariamente massiccia di questo gneiss, che perciò volemmo descrivere in questo punto.

F. — Gneiss minuti zonati.

Anche più notevoli per gli effetti in esse manifestati dal metamorfismo dinamico sono alcune rocce che si osservano in Val Grande, al margine occidentale di questa vasta formazione scistosa, presso il confine con le pietre verdi propriamente dette. La caratteristica di queste rocce a tessitura minuta e a facile scistosità è l'alternanza fittissima di straterelli perfettamente regolari, alternativamente più chiari, fino a bianchi, e più scuri, fino al verde cupo. In sezione trasversale questo aspetto zonato o *bindellino* è molto evidente e spesso elegante. Sui piani di scistosità si ha non di rado una lucentezza particolare, che rammenta da vicino quella dei tipici gneiss sericitici.

Tra i feldspati l'*albite* è prevalente, in granuli e plaghette irregolari, geminata o no, con caratteri ottici affatto normali e caratteristici. Subordinato, relativamente, il *microclino*, ch'è davvero abbondante solo in alcune varietà minutamente ghiandolari, le quali passano

alle forme occhiadine sopra descritte. La forma di frammenti irregolari, prodotti dalla rottura di cristalli più grossi, è sempre evidentissima nei feldspati di queste rocce: la loro freschezza e limpidezza sono tuttavia conservati quasi sempre in modo mirabile.

Il *quarzo* è pure molto copioso, ma non si presenta in grossi granuli ben formati: esso invece o costituisce un mosaico minuto in un coll'elemento feldspatico, oppure, da solo, plaghe allungate, più o meno distorte, fusiformi, o straterelli, nei quali la regolarità della variazione di orientazione ottica nei singoli granuletti adiacenti e la loro frequente disposizione in serie lineari allungate di orientazione ottica quasi eguale, nonché la forma stessa, che rammenta quella d'un corpo rotondeggiante schiacciato, permettono di riferire al dinamometamorfismo la causa dell'attuale struttura di questo elemento.

La *muscovite*, sempre abbondante, ha i soliti caratteri ottici, ma vario aspetto: talune volte forma laminette abbastanza larghe, curve e deformate; altre volte si presenta in squamette piccole, regolari, riunite in gruppi e serie numerosissime. La varietà *sericite* è pure presente, e forma spesso da sola, o quasi, interi straterelli, di evidente origine secondaria-meccanica.

La *biotite* è meno largamente rappresentata che non la precedente, e anche più di questa inegualmente distribuita; ma si presenta negli stessi due tipi di struttura. Ad essa si sostituisce qua e là la *clorite*, le cui lamine affettano però non di rado una disposizione a ventaglio.

Zoisite ed *epidoto* non hanno nè minor frequenza, nè importanza minore delle miche; si sostituiscono reciprocamente, e comunemente si possono vedere in concrescimento zonale regolare; i loro individui si limitano per lo più a dimensioni esigue, compensate però dal numero grandissimo, ch'è tale in certi strati da portarli al più alto grado nella scala di abbondanza degli elementi. Si presentano del resto anche più grossi cristalli, con forme riconoscibili e sensibile allungamento; questo è sempre parallelo alla scistosità.

L'*ortite* si mostra qua e là, col consueto aspetto, e sempre circondata da un anello epidotico.

Sviluppo subordinato ha invece l'*anfibolo*, il quale non è essenziale che in certi campioni molto verdi e poveri di quarzo. Si tratta di actinolite in prismetti o fibrille sfrangiate, di colore piuttosto chiaro, con pleocroismo marcato dal verde gialliccio al verde azzurrino.

Il *granato*, in granuletti piccoli e rotti, si osserva qua e là come accessorio.

La *titanite* è abbastanza frequente, ma piuttosto in cumuletti granulari che in cristallini. Scarsi *apatite* e *zircone*.

Le zone di laminazione concordanti con la scistosità sono frequenti assai, e lo sgretolamento degli elementi vi è talvolta così completo da renderne impossibile il riconoscimento; una completa trasformazione sericitica è pure spesso a notarsi lungo queste zone, le quali sono del resto piuttosto sottili.

Com'è facile rilevare da quanto siam venuti fin qui esponendo a proposito di queste rocce, esse non hanno unità di composizione, nè tampoco di struttura originaria. Mentre alcuni strati rappresentano il tipo porfirico-quarzoso di Rimasco, cioè non presentano che lenticelle di quarzo deformato con la struttura sopra descritta, entro ad una minutissima pasta granulare quarzoso-feldspatico-micacea, altri straterelli hanno la composizione della roccia a microclino di Mollia, resa scistosissima e microghiandolare per energico metamorfismo meccanico; altri ancora si mostrano coi caratteri normali delle forme più minute

del gneiss chiaro scistoso; e finalmente gli strati più verdi, arricchendosi via via di anfibolo, di clorite, di epidoti, passano rapidamente a quelle prasiniti, anfiboliti e rocce verdi analoghe che assumono alquanto più a nord la loro facies tipica e il massimo loro sviluppo.

G. — Calcarei.

Pure in questa formazione si osservano in parecchie località banchi o lenti di varia potenza ed estensione, costituiti da calcari cristallini, e calcifiri. Essi non vi sono tuttavia nè così numerosi, nè così potenti, nè così ricchi di svariati minerali accessori come son quelli che sappiamo trovarsi entro il gneiss della Strona. Non si trovano nemmeno diffusi in tutta l'area occupata dalla formazione; bensì sembrano essere limitati alla parte nord-occidentale, in vicinanza, e spesse volte al contatto, con le rocce appartenenti alle pietre verdi, talora anzi alternanti con forme così tipicamente verdi, che non solo il calcare del Massucco, ma anche quelli di Giarre e di Peccia abbiamo creduto di dover descrivere come spettanti a quest'ultima formazione.

Parecchi affioramenti eran già noti al Gerlach ed al Parona; altri furono da noi osservati, e non è improbabile che con un rilievo veramente dettagliato della regione, sopra una diversa base topografica, di altri ancora possa venir messa in luce l'esistenza.

La varietà di forme litologiche non è grande, e abbastanza uniforme è l'aspetto. I calcari puri, saccaroidi, a grana fina, talora bianchissimi, sono qui più frequenti che nel gneiss-Strona; il più spesso tuttavia sono alquanto grigi, zonati, o grigio-verdici.

Di questi calcari può servire come tipo quello da noi trovato allo sbocco della Valdobbia, poco sopra il Ponte di Riva. Alla *calcite*, che costituisce come la base del tessuto della roccia, e che va distinta per la gran variabilità nelle dimensioni dei suoi granuli, ora larghi e regolari, ora minuti, deformati e frammentari, si associano altri minerali, in proporzioni molto diverse secondo i diversi punti. L'*anfibolo* è però sempre il prevalente, in cristallini prismatici, per lo più decisamente allungati secondo l'asse verticale, ma d'ordinario rotti anch'essi, con spostamento dei frammenti. Salvo queste deformazioni meccaniche, il minerale è fresco e limpido, e poverissimo di inclusioni; il colore ne è verdolino pallidissimo; alcuni individui presentano geminazione polisintetica secondo {100}. Meno diffusa è la *zoisite*, molto irregolarmente distribuita, così che manca affatto nella maggior parte delle sezioni, mentre in alcune è abbondante; essa si presenta talvolta in grossi granuli irregolari, e tal'altra in sciame di minuscoli individui abbastanza ben delimitati. *Granato*, *titanite*, *muscovite* e *quarzo* sono tutti qua e là presenti, ma scarsi ed accessori; relativamente abbondante è invece la *pirite*, in piccoli cristallini, diffusi regolarmente nella roccia, che assume talora per questo un'apparenza elegantissima.

Analogo assai a questo di Riva è un altro calcare che abbiamo potuto osservare presso l'Alpe Lago Nero, nel gruppo del C.^o Bianco; è anch'esso d'ordinario molto ricco d'*anfibolo*, e di tinta decisamente verde; ma in altri punti la roccia è biancastra, zonata, a straterelli ricchi di *muscovite*.

Alla *muscovite* si associa in quantità ragguardevole il *quarzo* nel calcare che affiora immediatamente presso l'Ospizio al Colle di Valdobbia, bianco-gialliccio, saccaroide, qua e là alquanto piritoso.

Notevolissimo per bianchezza e purezza, ma di esigua potenza, è invece il calcare saccharoide che si osserva sotto il passo di Baranca, presso la cascata del Mastallone, incluso in straterelli entro una roccia molto cloritica, appartenente al gneiss-Sesia, o altrove descritta.

Nè mancano casi nei quali gli elementi accessori sono completamente alterati; così nel calcare che affiora in Val di Rima, sopra S. Giuseppe, sul fianco destro della valle, sono molto abbondanti piccole plaghette irregolari di un minerale lamellare, con media birifrazione, allungamento negativo, e aspetto cloritico, che noi ascriviamo al *clinocloro*, e che riteniamo probabile costituisca appunto il prodotto della alterazione completa di qualche termine della serie dei pirosseni o di quella degli anfiboli, originariamente contenuti.

II. — Scisti di Rimella e Fobello.

Le rocce che descriviamo sotto questa denominazione collettiva sono tra loro ravvicinate piuttosto da caratteri secondari che dalla primitiva composizione e struttura, delle quali bene spesso non resta quasi più traccia alcuna.

Le azioni dinamometamorfiche che così energicamente operarono in vari punti della regione da noi studiata, sembrano a preferenza e con maggiore violenza essersi esercitate al confine orientale del gneiss Sesia, al contatto con le masse eruttive sottostanti, ma in particolare verso la parte settentrionale di tale contatto, dove si ripete, in varia potenza, l'affioramento delle masse eruttive pirossenico-anfiboliche. Da tale energica laminazione ebbero origine, a nostro credere, gli scisti che qui sono considerati; si tratta sempre di rocce molto scistose, o a sottile e facile divisione in lastre, che ne permettono l'utilizzazione come materiale tegolare (dintorni di Rimella), o anche più spesso a struttura pellicolare-ondulata, filladica o micascistosa.

Il colore trae sempre al grigio, con grandissima varietà di sfumature, ma preferibilmente è grigio verdastro chiaro; sono pure frequenti tipi zonati e bindellini, nè mancano banchi di roccia quasi bianca, con aspetto di quarzite scistosa. In tutte le rocce di questa formazione sono poi frequenti piccoli filoncelli e venuzze normali od oblique alla scistosità, e riempite da quarzo, solo, o misto ad albite ed epidoto. Sulla faccia di scistosità si nota d'ordinario una discreta lucentezza, e in complesso, in tutto l'aspetto di questo insieme di scisti, una analogia non lieve coi così detti *scisti sericitici* e *gneiss sericitici* del Taunus.

Chi voglia formarsi una esatta idea delle varie facies di queste rocce, deve fare la strada che da Fobello sale a Cervatto, dove in breve tratto si possono vedere rappresentate tutte le forme principali, o, meglio, seguire il sentiero che dal villaggio di S. Gottardo mena alla Bocchetta di Campello.

Si comprende agevolmente come rocce dell'aspetto descritto, se possono essere abbastanza distinte al loro confine con le rocce massicce della 1.^a zona, là dove queste non presentano troppo sviluppate le forme di laminazione, debbano presentare un minore distacco da quelle della seconda zona che stanno loro a N. O., le quali al margine presentano facies anfibolitica, e anzi, sopra Fobello, alternano così con gli scisti che il confine sulla carta si può ben dire schematico e convenzionale. Ma è peggio assai là dove questi scisti di Rimella e Fobello vengono a contatto con le vere forme del gneiss Sesia: qui, verso il Capezzone, dove la seconda zona eruttiva è ridotta a un sottile lembo di anfiboliti scistose, nei dintorni del lago di Capezzone, e più sotto, a S. O. di Fobello, fin

verso il Pizzo di Tracciora, il passaggio tra le due formazioni è così graduale ed incerto da far ritenere che veramente queste rocce altro non siano che il prodotto di una energica laminazione di parte del Gneiss Sesia e dei banchi di rocce massicce ed anfiboliche in esso compresi. Questo è infatti il nostro parere, fondato sull'esame del complesso della formazione in posto, come sui risultati dello studio petrografico.

Pur tuttavia così come oggi si trovano, queste rocce formano una zona così unita e caratteristica, così ben definita pur nella sua varietà, che abbiamo creduto conveniente tenerle distinte, come già del resto fece, tra i nostri predecessori, il Parona.

La facies veramente filladico-micascistosa, cioè un tipo che meriti tal nome anche al microscopio, non è molto frequente: se ne hanno tuttavia esempi chiari presso il lago di Capezzone, e sopra S. Gottardo, a breve distanza da questa borgata.

Gli elementi essenziali di queste rocce sono la *muscovite* e il *quarzo*. La prima è in laminette di assai varie dimensioni: più copiose le piccole squamette, a contorni sfrangiati, e riunite in fasci, in piccole lenti, nelle quali il confine dei singoli individui, subparalleli, e anastomosati da sottili lacinie, è inafferrabile. In questi casi la direzione di massimo sviluppo è naturalmente parallela alla scistosità della roccia. Ma sono pure comuni lamine di maggiori dimensioni, più limpide e trasparenti, benchè sempre un po' curve, le quali sono invece non di rado disposte in senso normale od obliquo alla scistosità. Lenti e strati sottili di vera *sericite* son pure assai frequenti. Alla muscovite si associa ordinariamente in minor quantità la *clorite*; la *biotite* manca d'ordinario, almeno allo stato fresco.

Il *quarzo* è variamente abbondante nei vari strati della roccia; e straterelli, o piuttosto lenti schiacciate ricche di questo minerale alternano con altre prevalentemente micacee o sericitiche. Anche la grossezza della grana è variabile; gli straterelli esili e più regolari sono ordinariamente composti di un fitto aggregato di minuti granuli, mentre dove si trova una lente a curvatura accentuata, è quasi sempre possibile riconoscere nell'aggregato a grana più grossa che forma tali parti della roccia, il prodotto della cataclasi di uno o pochi grandi individui quarzosi. Gli strati e le pellicole micacee si flettono al contatto, e seguono e si plasmano, assottigliandosi, sulla curvatura di tali lenti di quarzo.

Gli elementi accessori sono scarsi, e si limitano a granuletti di *apatite*, di *epidoto* e *zoisite*, di *ossidi di ferro*, raramente di *tilanite*.

Ma ben frequente è il caso che ai minerali fin qui accennati si aggiunga, in proporzione più o meno grande, un feldspato limpido, a basso potere rifrangente, raramente geminato, con caratteri che lo lasciano ritenere con tutta probabilità come *albite*.

Ordinariamente, ad un contenuto notevole in albite, va unito un aspetto più regolarmente granulare di tutta o parte della roccia, al microscopio; muscovite e clorite sono in lamine più uniformi e meno esigue, la zoisite è più abbondante, e tutto il complesso va cioè assumendo struttura meno pellicolare, e più propriamente gneissico-scistosa. Questi termini, che si trovano ben rappresentati a N. di Fobello, si distinguono da taluni del gneiss Sesia piuttosto macro- che microscopicamente.

Altre varietà di queste rocce sono invece caratterizzate dalla grande preponderanza dell'elemento feldspatico, con diminuzione corrispondente del quarzo e delle miche. Questi scisti, un poco meno lucenti degli altri, si osservano per esempio sotto Rimella, alle falde del dosso su cui è assiso il paese.

L'elemento feldspatico prevalente nei campioni di questa località da noi studiati, non è più l'albite, bensì il *microclino*. Questo è soprattutto chiaramente riconoscibile nei maggiori individui, i quali, più o meno frantumati, formano lenti o ghiandolette affatto analoghe a quelle formate dal quarzo nei tipi filladici. Sono spesso parti di uno stesso individuo spostate e allontanate, con più energica frantumazione periferica, e formazione conseguente di una minuta pasta che cementa i pezzi maggiori, e costituisce da sola le parti dove la lente si assottiglia, per terminare bruscamente a cuneo, o finire più dolcemente in uno straterello sottile. Le estinzioni tipiche su lamelle staccate, la caratteristica struttura quadrigliata, e il bassissimo potere rifrangente ($\gamma' < n$, tanto nel balsamo che nell'essenza di garofani) non permettono dubbio sulla determinazione dei più grossi individui.

Anche là dove le dimensioni dei granuli sono più minute, non è tuttavia difficile la distinzione dal *quarzo*, che in varia proporzione contribuisce pure a formare la roccia; come i due minerali non si trovano veramente misti a formare un impasto granulare, ma costituiscono da soli straterelli o piccole lenti alternanti, lo studio del potere rifrangente permette sempre, a diaframma stretto, di riconoscere nettamente l'uno dall'altro; tanto più che, per quanto fresco, il microclino raramente raggiunge la perfetta limpidezza del quarzo. Più difficile è invece decidere se a questo sia frammista dell'*albite*; in ogni caso si tratterebbe di quantità molto esigua.

Muscovite, *clorite*, *zoisite*, come nelle rocce precedenti, ma assai scarse, e quasi accessorie.

Di aspetto alquanto più compatto, simile assai a quello delle rocce dette dagli autori *gneiss sericitici*, sono altri tipi di questi scisti, da noi raccolti alle falde meridionali della Punta del Pizzo, verso la Bocchetta di Campello, come pure sopra Rimella, verso S. Antonio, e presso l'Alpe Capezzone.

L'elemento feldspatico è anche qui importante e copioso, benchè i suoi individui, che originariamente dovevano essere piuttosto grossi e regolari, si trovino deformati, rotti, coi frammenti spostati, e in parte anche minutamente frantumati. Tuttavia l'esame ottico non è impossibile, e dimostra trattarsi, almeno per la massima parte, di plagioclasio, con geminazione dell'*albite*, non molto regolare, ma sempre presente. L'estinzione nella zona simmetrica raggiunge 16° — 17° ; confronti col balsamo danno $\alpha' < n$; $\gamma' < n$. Confronti col quarzo potemmo eseguire, sicuri, in una sola sezione e diedero:

$$A_1 < 0 \quad A_2 < 0.$$

Si tratta dunque di *albite*.

Il *quarzo* è all'incirca tanto abbondante quanto il feldspato, e, come questo, deformato meccanicamente in modo assai energico. Qua e là si trovano ancora dei granuli grossi, visibilmente formati in origine da un solo individuo; ma nella maggior parte dei casi essi hanno assunto forma lenticolare per schiacciamento, e sono costituiti da un aggregato irregolare di granuli molto variamente orientati.

Nei campioni in cui la laminazione fu meno violenta, appariscono ancora tracce di una originaria struttura granitoide, molto simile, come del resto anche la composizione della roccia, a quei tipi granitoidi albitici che si trovano in banchi nel gneiss-Sesia, e che sono così largamente rappresentati, come sappiamo, a N. di Fobello.

Mica bianca, squamosa, in minuti aggregati, a forma di straterelli curvi, o di *flasern*, accompagnata da *clorite* e spesso da *epidoto-zoisite*, è pure presente, benchè in proporzione

non molto notevole; questi tre minerali sono specialmente abbondanti lungo le zone di schiacciamento e di slittamento, bene spesso numerose ed evidentissime.

Tra gli accessori vanno registrati: *titanite*, in cumuletti di aspetto leucoxenico; *pirite*, in cristallini disseminati; pochi *zirconcini*; più raramente ancora piccoli individui di anfibolo verde, con aspetto di *actinolite*, e qualche *granato* roseo, tutto screpolato e profondamente alterato.

Abbastanza largamente diffuse sono anche rocce assai più ricche di elementi colorati, particolarmente di epidoto, e a grana più minuta di quelle testè descritte; ne abbiamo raccolto sotto Rimella, come anche assai più in su di questo paese, verso N. e verso N. E. In un impasto di *quarzo* predominante, e *feldspati* acidi non determinabili, a granuli minuti e irregolari, sono diffusi abbondantemente, ma non regolarmente, bensì a grumi, a ghiandolette, o a straterelli sinuosi e ondeggianti, granuletti e cristallini di *epidoto* e *zoisite*, con forte predominio del primo, senza forme cristalline, anzi irregolari, come frammenti. Questi individui di epidoto sono talvolta più grossi degli altri elementi, e presentano un colore gialliccio vivo, o giallo bruniccio, col caratteristico pleocroismo. Non sono rari neppure granuli di *ortite* bruna, circondata da un anello epidotico. Questi minerali sono accompagnati poi da una quantità non trascurabile di *clorite*, in minute squamette, o lacinie irregolari, aggruppate; anche la *titanite* può presentare una notevole frequenza. Si osservano inoltre, assai scarsi, *pirite*, *zircon*, *apatite*.

Si riattaccano da vicino ai precedenti altri scisti, caratterizzati dalla presenza dell'anfibolo tra gli elementi essenziali; queste rocce, di aspetto poco dissimile dalle altre fin qui studiate, ma di colore più decisamente verde, abbiamo trovato particolarmente sviluppate nelle vicinanze della colma di Campello, specie scendendo verso la Valle Strona; ma se ne trovano anche più verso S. E.

La miscela di *quarzo* e *feldspato* talvolta è minutamente granulare, con predominio del primo elemento, come nei tipi epidotici ultimi descritti; tal'altra è a grana più grossa, con predominio di un plagioclasio acido, molto deformato, che riferiamo dubitativamente all'*albite*.

L'*anfibolo* si presenta in individui non troppo piccoli, con abito di orneblenda verde a verde-bruna, ma anch'essi deformati, o incurvati, o traversati da fratture con spostamento; al margine, o lungo le fratture, tale orneblenda presenta una zona di accrescimento secondario, molto marcato, di anfibolo verde-mare chiaro, talvolta fibroso, e come sfrangiato alle estremità.

Muscovite, *clorite*, *zoisite*, *epidoto* si trovano abbastanza ben rappresentati, in minuti individui al solito, non uniformemente distribuiti, ma qua e là accumulati in *flaser* e straterelli arricciati. L'*epidoto* tuttavia si trova pure presente in cristalli e granuli di maggiori dimensioni, come quelli d'anfibolo, e come questi, screpolati o rotti.

Gli elementi accessori sono i soliti; la *titanite* è, d'ordinario, il più diffuso ed abbondante.

CALCARI. — Come nel gneiss-Sesia, anche in questo complesso di scisti, i quali, come sappiamo, non ne rappresentano per gran parte che una modificazione dinamometamorfica, si trovano banchi e strati di rocce calcaree.

Il giacimento più noto è quello del calcare scistoso nerastro o grigio di S. Gottardo sopra Rimella; questa roccia, che all'aspetto esterno presenta molta analogia con quelle filladi calcaree della Nufenen, nelle quali si trovano avanzi di belemniti, fu già osservata da lungo tempo e descritta dal Gerlach. Questi fa opportunamente notare come la roccia per il suo aspetto sedimentare costituisca una irregolarità nella regione (pag. 123-124); ma contemporaneamente osserva con molta esattezza le alternanze e i passaggi che uniscono questi scisti neri, più o meno calcari, agli altri scisti fin qui descritti, da lui detti Talk-und Talkglimmerschiefer, passaggi e alternanze anche da noi chiaramente osservati.

Petrograficamente, essi presentano poco di notevole; ai minutissimi granuli di calcite che costituiscono spesso la massima parte della roccia, si aggiungono straterelli esilissimi o squame di mica bianca; un pigmento nero, piuttosto fino, è diffuso in tutta la massa; sottili lenticelle di quarzo e cristallini di pirite sono accessori molto frequenti. Si osservano pure venuzze e ghiandolette di calcite bianca, la cui origine e natura fu già discussa da Gerlach e Parona, i quali entrambi negano che si tratti di avanzi di belemniti.

Molto meno diversi dai calcari del gneiss-Sesia sono altri banchi di roccia che, sempre alternanti coi soliti scisti, si osservano più a N., salendo da S. Gottardo alla Bocchetta. Sono abbastanza compatti, cristallini, poco scistosi, di color grigio chiaro zonato di scuro, e contengono come minerali accessori: *quarzo*, *albite*, *muscovite*, *titanite* e *pirite*, affatto irregolarmente distribuiti, talora in notevoli proporzioni.

Si stacca affatto dai precedenti un calcifiro che si può osservare, in esigua potenza, subito a Nord di Fobello, circa alle ultime case del paese. Tale roccia, macroscopicamente molto rassomigliante alle già descritte di S. Maria e di Carcoforo, le quali, come sappiamo, stanno a contatto con anfiboliti feldspatiche di natura eruttiva, è ad esse perfettamente analoga anche petrograficamente, e ripete probabilmente una origine simile a quelle, provando così ancora la non unità genetica di questa formazione scistosa.

Nella massa calcitica, abbondante, stanno sparsi in mediocre quantità i minerali seguenti:

Plagioclasio in individui irregolari, col solito aspetto di frammenti, generalmente abbastanza fresco, però con inclusioni minutissime che in alcune plaghe ne diminuiscono alquanto la limpidezza; vi si notano anche più grosse inclusioni di quarzo e di calcite. Sono sempre nettamente visibili le tracce di geminazione {010}, però d'ordinario interrotte e di larghezza variabile. Nelle sezioni perpendicolari alla faccia di geminazione abbiamo ripetutamente misurato l'inclinazione delle direzioni di estinzione, che raggiunge un valore massimo di 18°. Una prova, sicura, col metodo di Becke, ci diede $\delta_1 < 0$ $\delta_2 < 0$. Confronti col balsamo danno $\alpha' < n$ $\gamma' < n$. Rimane dunque dimostrato che questo plagioclasio è *albite*. Notansi tuttavia anche plaghe di un minerale feldspatico, profondamente alterato, con formazione nel suo interno di prismetti di un minerale molto rifrangente che probabilmente è *zoisite*, e, alla periferia, di *mica bianca* in gran copia.

Pirosseno monoclinico, incolore o bruniccio, con facies augitica, in granuli rotti e alterati.

Anfibolo verde, probabilmente secondario, qualche volta in concrescimento regolare col precedente.

Zoisite, anche in granuli di notevoli dimensioni, oltrechè come inclusione nel plagioclasio.

Quarzo, accessorio, e, pare, pure secondario. *Titanite* e *pirrotite*, scarse.

IV. - Pietre verdi.

Di tutte le formazioni che interessano la nostra regione, questa, che abbiamo voluto seguitar a chiamare delle *pietre verdi*, al tempo istesso ch'è forse quella la quale occupa minor superficie d'affioramento, è anche una tra le più varie per la natura delle rocce che la compongono. Rocce verdi cloritiche, anfiboliche, epidotiche, eclogitiche, serpentinosi, talcose, alternano qui con calcescisti e calcari saccaroidi, con micascisti più o meno granatiferi e con gneiss. Tuttavia una certa unità d'insieme risulta all'attento osservatore, ed è solo ai confini verso le formazioni adiacenti, cioè verso il gneiss-Sesia soprastante, e verso il sottostante gneiss-Rosa, che qualche incertezza può cogliere chi appunto tali confini voglia segnare con una linea netta e continua.

Esaminiamo partitamente i diversi tipi litologici, cominciando dai più francamente verdi che dominano nella parte superiore, e terminando coi micascisti e gneiss, che prevalgono nell'orizzonte inferiore.

A. — Prasiniti.

Con la denominazione generale di *prasiniti* vogliamo designare una serie di rocce verdi, mineralogicamente caratterizzate dalla associazione di un feldspato acido (albite) con clorite, epidoto e anfibolo. Il primo di questi tre minerali è costante e predominante nei tipi più diffusi, così che queste rocce meritano ordinariamente il nome più preciso di prasiniti cloritiche, od ovarditiche, anche di vere ovarditi nei casi di maggior purezza; ma l'epidoto e l'anfibolo di rado mancano totalmente, e le loro proporzioni vanno soggette ad oscillazioni notevolissime, così che si passa a tipi misti di grandissima varietà. Riuniamo pertanto in una descrizione complessiva questi diversi tipi, del resto poco diversi gli uni dagli altri, e rilegati tra loro da passaggi continui e gradualì, tanto più che l'aspetto esterno è sensibilmente uniforme.

Il colore n'è un verde, o verde-grigio piuttosto cupo; la tessitura abbastanza fina, con scistosità riconoscibile in massa sul terreno, ma poco discernibile spesso nel campione; la coesione è generalmente piuttosto debole, e talvolta la roccia è quasi farinosa, o almeno facilmente sgretolabile.

La diffusione di queste rocce, che segnano l'orizzonte più tipico delle pietre verdi vere, e si trovano spesso alternare con calcescisti nerastri, anch'essi affatto caratteristici, è localizzata ad una stretta fascia che dal Colle d'Olen scende verso Alagna, prosegue risalendo verso Rima, e va ad uscire dalla nostra regione tra il Colle d'Egua e il Col di Baranca. Esempi caratteristici si posson osservare tra il Colle di Zube e il Col d'Olen, seguendo la cresta; allo sbocco di Val d'Otro; presso Rima, subito a valle del paese; sopra Carcoforo, sia salendo al Colle di Rima come salendo verso l'Alpe Egua; poi tra il passo omonimo e il passo di Baranca, ecc. Minori lembi, e per lo più anche meno caratteristici, compariscono nell'alta Val Artogna, e in Val di Valdobbia, presso Peccia e presso l'Ospizio: questi ultimi però sono assai meno tipici e sembrano piuttosto banchi di roccia verde intercalati al gneiss Sesia, come gli esempi già citati altrove dei banchi e strati di roccia verde che si osservano in pieno gneiss Sesia sotto Ferrate in Val Sermenza, presso Pal-

lancato in Val Grande, ecc. Che una distinzione sicura tra le rocce appartenenti alle due formazioni non sia sempre facile fu del resto già detto più volte.

L'elemento feldspatico sembra di natura uniforme in tutti i numerosi campioni esaminati. Si presenta in plaghetto, anche regolari, qualche volta perfino a contorni arrotondati, limpide, fresche, incolore, con inclusioni frequenti degli elementi colorati, particolarmente di aciculi d'anfibolo verde. Le sfaldature sono visibilissime e regolari; la geminazione spesso manca affatto; talvolta sono due soli gli individui riuniti secondo la legge dell'albite, oppure tra questi due individui estremi più grossi si annidano alcune poche sottili lamelle alternanti secondo la stessa legge; in queste la estinzione nella zona simmetrica raggiunge 16°. Confronti col balsamo danno

$$\alpha' < n \quad \gamma' \approx n.$$

Confronti col quarzo in posizione incrociata danno costantemente $\omega > \gamma$. Laminette e granuletti staccati, nell'essenza di garofani con circa $n = 1.534$, danno

$$\alpha' < n \quad \gamma' > n.$$

Laminette {010} mostrano nella solita sezione romba delle sfaldature una estinzione di + 19°. Si tratta dunque sicuramente di *albite*, e la presenza dell'ortoclasio sembra doversi escludere, poi che mai osservammo in essenza di garofani granuli feldspatici in cui $\gamma < 1.534$.

Il quarzo è invece generalmente assai scarso; qualche granulo se ne trova incluso nel plagioclasio.

La *clorite* è ordinariamente riferibile al gruppo penninite-ripidolite; non si osserva mai in lamine larghe e regolari, bensì in squamette o lamelle curve, distorte, aggruppate in fasci raggianti, in pile a foglietti subparalleli, in straterelli sinuosi. In alcuni esemplari è abbondante invece il *clinocloro*, con marcato pleocroismo, dal giallo al verde carico, birifrazione abbastanza forte, e carattere ottico negativo dell'allungamento (positivo della bisettrice).

Accennammo già alla relativa frequenza dei minerali del gruppo epidoto e zoisite; il primo, con la sua vivace birifrazione, e un colore giallo citrino riconoscibile anche in sezione, è molto più frequente della seconda; tuttavia è raro che tutta una plaga abbia eguale birifrazione: la struttura zonale a zone di diversa birifrangenza è costante; e d'ordinario ad un nucleo in cui più basso è il valore di $\gamma - \alpha$ succedono verso l'esterno strati in cui questo valore s'innalza via via; meno di frequente succede il caso inverso, che però pur si verifica. La forma dei granuli è per lo più tozza, talvolta un po' allungata secondo l'asse di simmetria; i contorni cristallini son di solito poco netti, e non di rado i granuli sono affatto irregolari e arrotondati, o presentano aspetto di frammenti; del resto le loro dimensioni, affatto variabili, superano quelle degli altri elementi colorati, e raggiungono non di rado quelle degli individui feldspatici.

L'*anfibolo* è sempre actinolite di una tinta verde vivace, generalmente ben riconoscibile anche in sezione, con un pleocroismo marcato: *a* trae al giallo verdiccio; *b* verde vivace; *c* ha una tinta verde azzurrina generalmente molto brillante. Questo minerale è in individui piccoli, o piccolissimi, allungati molto marcatamente secondo l'asse verticale e spesso fascicolati, o sfrangiati alla estremità, curvi o rotti trasversalmente.

A questi tre elementi colorati fondamentali si associa frequentemente la *biotite*, di consueto però in quantità molto subordinata. Ha quasi sempre colore verdastro, con pleocroismo dal giallo paglierino al verde oliva; rari i termini bruni; la birifrazione è sempre fortis-

simi, con carattere ottico dell'allungamento negativo. Essa forma, come le cloriti, gruppi di lamelle o squamette riunite a ventaglio o in altre guise; si osserva pure concresciuta regolarmente con clorite.

La *calcite* è scarsa per quantità, ma costituisce un elemento accessorio molto diffuso, anche nei campioni nei quali l'esame macroscopico non ne fa riconoscere la presenza.

La *tormalina* non fu osservata che una volta, sotto forma di esili prismetti con nucleo di colorazione (ω) nero verdastra, circondato da una zona esterna azzurro-cupa.

Titanite, *apatite*, *pirite* abbastanza frequenti come accessori; scarsissimo o mancante il *rutile*. L'*ortite* non fu riscontrata che in alcuni campioni della Valdobbia, pertinenti con tutta probabilità all'orizzonte geologico del gneiss Sesia.

Per quanto ha riguardo alla microstruttura, due sono i tipi principali che si presentano. In uno di essi, il più diffuso, l'albite forma granuli regolari o rotondeggianti di dimensioni abbastanza uniformi: tra questi stanno gli elementi colorati, che ne seguono i contorni, sinuosamente, e ne formano come il cemento. La coesione della roccia è in questi casi assai debole, e macroscopicamente si ha talora l'impressione di un impasto arenaceo. Le forme più tipicamente cloritiche od ovaritiche presentano spesso questa struttura, che si potrebbe dire *microocellare*.

In altre forme, ordinariamente più ricche d'anfibolo, la reciproca compenetrazione degli elementi è abbastanza pronunciata, la inclusione dei minerali colorati nel feldspato abbondante, fino ad ottenere un fondo feldspatico unito, tutto zeppo di granuli, fibre e lamelle degli altri elementi. La tessitura di questi tipi è sempre alquanto più compatta.

B. — Anfiboliti e scisti anfibolici.

Per graduale diminuzione del feldspato e aumento del minerale anfibolico si passa dalle prasiniti alle anfiboliti propriamente dette e agli scisti anfibolici.

Tipi di transizione di questo genere, con aspetto macroscopico ancora quasi prasinitico e grana minuta, ma colore molto più cupo, fino a verde nerastro, si possono osservare p. es. nel vallone dell'Olen, nei dintorni di Vittine, intercalati fra le altre pietre verdi, come pure in banchi alternanti col micascisto granatifero alla base della cresta di roccia che sale dallo Stollenberg alla Punta Giordani, dividendo il ghiacciajo di Indren da quello di Bors.

L'*anfibolo* è in entrambe queste forme un actinoto passante ad orneblenda verde; e ha qualche volta un tono verde mare, e non è raro il caso che la parte centrale dei più grossi granuli passi quasi al glaucofane. Allora la inclinazione della direzione d'estinzione sull'asse verticale è in queste parti centrali sensibilmente minore che non alla periferia. Del resto la forma degli individui anfibolici e le loro dimensioni sono quanto mai varie ed irregolari; si tratta per lo più di piccoli prismetti, o di individui formati da fasci di subindividui, più di raro di maggiori plaghette, tutte cariate e piene d'inclusioni diverse.

Biotite, *epidoto*, *zoisite* e *clorite* sono quasi sempre presenti, in quantità più o meno scarsa, e coi consueti caratteri.

I minerali incolori sono subordinati ai precedenti, e sembrano doversi riferire principalmente ad un feldspato molto acido, probabilmente *albite*, ed al *quarzo*: entrambi in plaghette irregolari, zeppate d'inclusioni minute, così che difficile riesce farne un esame ottico più che approssimativo.

Tra gli elementi accessori il *rutilo* è il più abbondante, in prismetti o in cumuli di minuti granuli; la *titanite* è pure frequente in alcuni esemplari: più difficile è trovare i due minerali uno accanto all'altro nella stessa sezione sottile.

Calcite, *magnetite*, *pirite*, si osservano pure in esigue quantità.

Anfiboliti più tipiche, con feldspato affatto accessorio, si osservano in gran quantità nei dintorni di Alagna, in varie direzioni, ma specialmente verso Nord. Queste hanno una tessitura in generale ancora piuttosto minuta, o media, talora sono discretamente compatte, e presentano frequentemente numerose zone bianche o giallicce dovute ad epidoto o zoisite; appartengono cioè a quel gruppo di rocce che i geologi del Comitato chiamano appunto anfiboliti zonate; potrebbero anche dirsi anfiboliti epidotiche, od anfiboliti passanti ad oleniti.

L'*anfibolo*, è un actinoto talvolta di colore abbastanza carico, di un verde vivace, senza passaggi al glaucofane: l'allungamento secondo l'asse verticale è abbastanza marcato; inclusioni di rutilo vi sono frequentissime.

L'*epidoto* e la *zoisite*, sostituentisi a vicenda, e talora associati, sono irregolarmente distribuiti; talora, come fu accennato, riuniti in straterelli o venuzze di vario spessore; altra volta sparsi qua e là in grossi individui.

Clorite, *muscovite*, *biotite*, *talco*, tutti scarsi, e quest'ultimo assai più che le tre prime.

L'elemento feldspatico è scarso o mancante; quand'è presente non si può studiare che mediante il suo potere rifrangente; in polvere, nella essenza di garofani ($n = 1.534$) si osserva $\alpha' < n < \gamma' > n$; pare dunque sicuro che si tratti d'*albite*. Oltre a questa, si nota pure il *quarzo*, scarso anch'esso.

Titanite, *rutilo* e *apatite* sono frequenti tra gli elementi accessori; scarsissimi gli *ossidi di ferro*; *pirite* e *calcite* in qualche esemplare.

Come una varietà pura delle precedenti si può considerare quella che fu chiamata *Olenite* dal Cossa (26), il quale ne determinò i componenti, e ne diede una diffusa descrizione sopra un campione raccolto da Q. Sella.

La roccia in questione non forma veramente la sella dell'Olen, ch'è incisa in un calcescisto nerastro, bensì può osservarsi in banchi di qualche potenza alle falde del Corno del Camoscio, dove alterna con altre forme di pietre verdi, meno sviluppate. Essa è compatta, tenace, di colore verde cupo macchiettato di gialliccio: vene e straterelli giallicci vi sono pure frequenti. I componenti essenziali sono l'anfibolo e l'epidoto, questo sempre subordinato al primo, ma alquanto inegualmente distribuito: le vene e i filoncelli gialli sopra citati sono appunto formati quasi esclusivamente d'epidoto, mentre in altre plaghe la roccia ne manca affatto e si potrebbe piuttosto chiamare scisto orneblenditico.

L'*anfibolo* è verde piuttosto scuro e in sezione presenta un forte pleocroismo:

a = giallo verdiccio.

b = verde carico.

c = verde mare.

Esso forma individui piuttosto allungati secondo l'asse verticale, nei quali in sezione trasversa, oltre alle facce di $\{110\}$ è spesso visibile con notevole sviluppo anche $\{100\}$.

(26) *Ricerche chimiche e microscopiche su rocce e minerali d'Italia*. Torino, 1881.

Il *minerale epidotico* si presenta pure in plaghette abbastanza grandi, irregolari, e spesso modellantisi sui contorni degli individui anfibolici. Il colore n'è pallido e non sono scarsi neppure i termini incolori a birifrazione debolissima (zoisite o clinozoisite). Frequente la geminazione secondo {100}.

Dei minerali accessori l'unico frequente è la *titanite* di colore bruniccio, in granuli irregolari anche abbastanza grossi, o in minuti ed imperfetti cristallini. Ha piccolo angolo degli assi ottici, e forte dispersione degli assi stessi: $\rho > \nu$.

Estremamente scarsi sono: l'*albite*, che riempie alcuni piccoli interstizi tra gli elementi, e la *clorite*. Il *rutilo* è decisamente raro.

Vanno poi qui ricordati anche alcuni altri scisti anfibolici, costituiti da *actinolite* verde pallida, in lunghi prismi intrecciati o fascicolati, da soli, o misti ad alquanto *clorite* e *talco*. Tali scisti actinolitici si osservano appunto quasi sempre in connessione con scisti serpentinosi o talcoso-cloritici, e si possono raccogliere per esempio sopra e sotto l'Alpe Sevil, alla base dello Stollen, e in qualche altra località non molto lungi da Alagna.

Notevole per l'abbondanza della muscovite è invece un'anfibolite che si trova, con altre rocce anfiboliche, alternante col micascisto granatifero, sulla parete dello Stollen che guarda il Vallone delle Pisse. All'*anfibolo*, actinolitico, verde chiaro, in lunghi individui irregolarmente prismatici, si associa qui molta *muscovite* in larghe lamelle disposte con molta regolarità, così da dare alla roccia una scistosità marcatissima. Meno diffusi, in granuli anche grossetti, sono l'*epidoto* e la *zoisite*. La *clorite* è scarsa e a chiazze. L'*albite*, che manca ordinariamente, in qualche punto occupa gli interstizi tra gli elementi colorati. *Rutilo* e *pirite* vanno ricordati come accessori.

Nell'alta Valle Artogna, p. es. sopra l'Alpe Giarre, compariscono banchi, a dir vero non molto potenti, di uno scisto anfibolico composto in gran prevalenza di anfibolo azzurro. Questo è di colore pallido, e merita piuttosto il nome preciso di *gastaldite* anzichè quello più generico di glaucofane: i colori del pleocroismo sono, in sezione sottile: $a =$ incoloro; $b =$ violetto pallidissimo; $c =$ azzurrino chiaro. L'allungamento è positivo, e c fa un angolo di circa 4° - 6° con l'asse verticale. Alla periferia il minerale è talora circondato da una zona di anfibolo verde, ma sempre pochissimo sviluppata. Si aggiungono come componenti di minore importanza: *zoisite* in prismetti lunghi e sottili; *granato*, che può anche mancare; *muscovite* in laminette regolari; *titanite* in cumuli di granuli minutissimi.

La tessitura della roccia è feltrata, la grana fina, la scistosità evidentissima; il colore d'insieme varia dal grigio verdiccio all'azzurro di lavanda.

C. — Eclogiti.

Abbastanza frequenti, benchè non mai in masse di molta potenza, sono le rocce di questa categoria nell'orizzonte delle pietre verdi; un banco relativamente assai notevole è quello che affiora ai Merletti sopra Alagna; anche in Valle di Mud, sotto Vold, presso l'Alpe Mud, e in qualche altra località se ne posson trovare caratteristici affioramenti; lenti, e straterelli di minor potenza si osservano nel micascisto granatifero e nel gneiss chiaro che alterna con esso, alla base dello Stollen; dal Colle d'Olen fino e oltre ai

laghetti di Cimaletta; come pure nelle alte Valli Gronda, Sorba e Artogna. L'aspetto della roccia, salvo la grossezza della grana, che varia da media a fina, è uniforme; è una massa compatta, tenacissima, pesante, scura, variegata di verde bruno, con chiazze di color rosso sangue, e più o meno sparsa di pagliuzze di mica bianca a viva lucentezza di madreperla.

Il *pirosseno monoclinico*, ch'è presente in tutte, ha color verde porro a verde smeraldo pallido; il pleocroismo è quasi impercettibile. La sfaldatura prismatica è evidentissima; non c'è invece la divisibilità {100} caratteristica del diallagio. L'inclinazione della estinzione nella zona prismatica sale fino a 41° ; sulle facce di sfaldatura {110} nella polvere ottenuta col mortajo d'Abich, è in media di 32° - 35° ; però nelle più grandi plaghe si può spesso riconoscere una struttura zonale distinta. Di forme cristalline riconoscibili non vi ha traccia; il pirosseno, diopside od omfacite, si presenta ordinariamente in granuli irregolari, un po' allungati secondo l'asse verticale, spesso curvati o in varia guisa deformati, freschi e limpidi, di un bel verde, poverissimi di inclusioni, tra le quali specialmente si possono annoverare alcuni prismetti di rutilo.

Altre volte si tratta di plaghe d'estensione molto più rilevante, di colore più pallido, le quali non di rado per uno spessore più o meno grande alla periferia e lungo le fratture trasversali sono trasformate in una sostanza torbidiccia, che a maggiore ingrandimento si rivela composta da sottili fibre fascicolate, ad allungamento sovente parallelo all'asse verticale del diopside. Il colore verdiccio, la debole inclinazione della estinzione e il carattere ottico positivo dell'allungamento fanno ritenere molto probabile trattarsi di anfibolo.

L'elemento anfibolico è vario per natura e colore, essendo presenti contemporaneamente il *glaucofane* e l'*actinolite*, d'ordinario associati in concrescimenti regolari, dei quali il primo occupa il centro, mentre la seconda sta alla periferia.

Il glaucofane, o forse meglio *gastaldite*, è di colore piuttosto pallido, col solito pleocroismo

- a = giallo verdiccio quasi incolore
- b = violetto chiaro
- c = azzurro pallido.

L'allungamento è positivo, e la direzione d'estinzione c fa un angolo massimo di 9° con l'asse verticale.

Le parti verdi, riferibili ad actinolite, presentano una direzione d'estinzione più inclinata; il valore di tale inclinazione raggiunge 24° - 25° . Il pleocroismo è molto vario nei toni, ma c presenta sempre un colore verde-azzurroastro, fino a indaco. Non abbiamo osservato mai arfvedsonite nè alcun anfibolo con allungamento otticamente negativo.

Le proporzioni relative dell'elemento pirossenico e dell'anfibolico sono oltremodo variabili, non solo a seconda delle località, ma a seconda dei campioni. Ordinariamente nella roccia fresca il pirosseno è in prevalenza, particolarmente negli esemplari a grana fina; meno frequentemente accade il contrario, e per lo più soltanto negli esemplari alterati, dove il pirosseno può essere anche totalmente trasformato in anfibolo verde. Eccezionalmente osservammo in Val Grande dei tipi a grana fina ricchissimi di glaucofane e poveri tanto di anfibolo verde quanto di omfacite; per scomparsa di quest'ultima e diminuzione del granato si passa gradualmente alle anfiboliti a glaucofane, di cui nel precedente capitolo.

Questi tipi di passaggio, poveri o quasi privi di pirosseno, sono specialmente diffusi nell'alta Val Sorba; hanno grana più fina e colore più scuro del solito; il glaucofane vi presenta spesso una tinta relativamente molto carica.

Il *granato* è, naturalmente, uno degli elementi essenziali; ha colore piuttosto vivace, e ben riconoscibile anche in sezione: le parti periferiche sono spesso alquanto più pallide. L'idiomorfismo di questo elemento è marcatissimo: si tratta quasi costantemente di cristallini rombododecaedrici nettissimi, disseminati regolarmente nella massa, e poveri d'inclusioni degli elementi verdi; frequenti vi sono invece granuletti di rutilo, di magnetite e di quarzo, disposti talora in zone parallele al contorno dell'ospite. Ma se questo accade regolarmente nella roccia inalterata e ricca di pirosseno, altre volte, e non di rado, anche il granato presenta tracce evidenti d'una trasformazione chimica, della quale i prodotti sono: epidoto e una mica verde, a vivacissima birifrazione, con carattere positivo dell'allungamento, pleocroismo intenso dal giallo verdiccio al verde smeraldo, e aureole policroiche brune intorno ai grani di rutilo che la toccano o che vi sono inclusi. Pure discretamente comune è, specie verso la periferia, una trasformazione del granato in anfibolo verde; e non si tratta già di un anello di anfibolo formatosi intorno all'appoggio della superficie d'un minerale qualunque inalterato, come altra volta fu da talun autore osservato in rocce di questa natura, bensì di un vero principio di pseudomorfosi: il granato ha contorni cariati e come rosicchiati, ed è ben visibile il margine esterno della zona anfibolica, che segna la traccia nettissima della faccia rombododecaedrica da cui era limitato il cristallo avanti l'inizio dell'alterazione. Pare che in un primo periodo l'alterazione, restando periferica, siasi limitata alla produzione di anfibolo; a questo sarebbe successo un secondo periodo nel quale la trasformazione, per le serepolature, invase la massa del minerale e portò alla produzione di mica verde ed epidoto. A ciò corrisponde anche il fatto che i campioni più poveri di granato, i soli dove questo non si presenta in forme riconoscibili, sono i più ricchi di epidoto, e talora contengono anche clorite in piccola quantità.

L'*epidoto* e la *zoisite* sono del resto in generale subordinati; presentano caratteri normali, e sono più frequenti là dove l'anfibolo prevale sul pirosseno.

Un elemento mineralogico che si può dire costante, benchè in limitate proporzioni di quantità, è la *muscovite*, in lamine piuttosto grandi, idiomorfe rispetto a tutti gli altri minerali, meno il rutilo e il granato, che vi si trovano inclusi talvolta. La birifrazione n'è energica, l'angolo degli A. O. grande, con bisettrice negativa. Notevolissimo ci sembra un caso di pseudomorfosi periferica in zoisite, che la muscovite presenta in alcuni esemplari raccolti tra l'Olen e il lago di Cimalegna; in tale roccia, nella quale il granato è ridotto a pochi avanzi corrosi, con copiosa formazione di epidoto-zoisite, e il pirosseno è tutto trasformato in anfibolo verde fibroso, intorno alle lamine di muscovite si osserva un anello di zoisite, formata evidentemente alle spese del nucleo interno micaceo, il cui contorno è cariato, mentre i limiti esterni dell'anello zoisitico riproducono fedelmente e nettamente il contorno originario dell'individuo micaceo.

Il *quarzo* è sempre scarso, e può anche mancare del tutto; pure scarse e inegualmente diffuse sono *calcite*, *apatite*, *clorite*; seguono *ilmenite* e *titanite*; quando questi tre minerali coesistono, può accadere di trovarli succedersi in accrescimento centrato: l'*ilmenite* sta all'interno, il rutilo forma la zona di mezzo, e la *titanite* costituisce l'anello più esterno.

D. — Serpentine e rocce oliviniche.

Oltre alle masse serpentinosi del Corno Rosso e dello Stoffel, già segnate sulla carta del Gerlach, si osservano abbastanza frequentemente intercalati tra le altre rocce verdi dei piccoli interstrati o banchi di rocce serpentinosi, come nei dintorni di Alagna, verso

i Merletti; in val di Mud sopra l'Alpe omonima, e molto più in su alle falde del Tagliaferro, alla Bocchetta di Moanda; sui fianchi del Corno del Camoscio, tra i banchi d'olenite, ecc.

Queste masse minori hanno sempre struttura evidentemente scistosa, anzi non di rado fogliettata, così che meritano nella maggior parte dei casi il nome di scisti serpentinosi. Essi sono costituiti quasi esclusivamente di *serpentino* lamellare, in lamelle per lo più abbastanza regolari e ben distinte, con sfaldatura evidentissima e carattere ottico dell'allungamento (parall. alle tracce della sfaldatura) costantemente positivo. La birifrazione è discreta; il pleocroismo presso che insensibile. La *magnetite* vi è diffusa con qualche abbondanza, e non v'è rara la *magnesite* in ghiandolette, lenticelle e piccoli noduli. La *clorite* non interviene che nei termini di passaggio; e il *talco* anche più di rado: però qua e là, come precisamente nei dintorni dell'Alpe Mud, in qualche punto dello Stoffel, ecc. la roccia si arricchisce di talco in minuti aggregati di lamelle intrecciate, a vivissima birifrazione, tanto che localmente si passa a veri talcoscisti grigi, farinosi e saponacei: questi non hanno del resto che una importanza limitata, così come alcuni piccoli letti di scisto ricco in clorite non meritano nemmeno di essere considerati a parte come cloritescisti.

Anche le masse compatte, delle quali può essere presa come tipo quella che dalla limitrofa valle di Gressoney entra in Val Sesia come un piccolo cuneo a formare la punta del Corno Rosso, presentano sempre un accenno di scistosità, e sono in corrispondenza a ciò formate esclusivamente o per massima parte di serpentino lamellare ad allungamento positivo: le lamelle ne sono però meno regolari e più capricciosamente intrecciate.

Che queste rocce serpentinosi derivino da peridotiti è provato con sicurezza dai residui di minerali originari che in qualche località si osservano ancora. Così presso la bocchetta delle Pisse tra la valle dell'Olen e quella di Bors si può raccogliere uno scisto serpentinoso verde grigio chiaro nel quale in alcuni esemplari la natura originariamente olivinica della roccia è evidentissima: anzi questa deve chiamarsi scisto olivinicco piuttosto che serpentinoso. L'*olivina*, incolore affatto in sezione, in granuli irregolari, piuttosto fini, con numerose screpolature e sfaldature poco evidenti, forma la più grossa parte della massa; questa è tutta tagliata da numerose lamelle di serpentino antigoritico, nettissime, ad allungamento positivo, sfaldatura marcata, orientate le une alle altre parallele o disposte in lunghe serie poco sinuose, per modo che l'*olivina* viene a formare un sistema di esili lenticelle separate e disegnate da serpentino lamellare; la struttura scistosa, evidentemente secondaria, ne risulta marcatissima, e passa in certi punti alla fibrosa. Di struttura a maglie nemmeno la traccia, nonostante la sicura origine olivinica; non troviamo neppure mai serpentino fibroso ad allungamento negativo. Che la causa di questo fenomeno sia la energica laminazione, la quale produsse contemporaneamente la scistosità della massa, ci sembra sommamente probabile. Fra i minerali accessori non c'è che *magnetite*, discretamente abbondante, in granuli o gruppi di granuli, talvolta in minuti e netti cristallini ottaedrici.

Anche in altri punti della maggiore massa serpentinosi che forma lo Stoffel si possono osservare esempi numerosi di incompleta serpentinnizzazione dei minerali originari: così sulla parete franosa che guarda l'Alpe Le Pile; nei campioni raccolti in tale località all'*olivina* si deve aggiungere il *pirosseno monoclino*, in quantità discretamente rilevante, in plaghe irregolari, o frantumate ai margini, con sfaldatura prismatica evidentissima, estinzione fortemente inclinata (35°-40°) e colore verde sensibile spesso anche in sezione sottile. La distinzione tra questo e l'*olivina* si fa meglio nella polvere ottenuta frantumando la roccia col mortajo d'Abich, levigando per eliminare la polvere troppo fina, trattando per

breve tempo a dolce calore con HCl concentrato, lavando accuratamente ed esaminando poi al microscopio: i granuli d'olivina, informi, corrosi, con aderente spesso la silice gelatinosa, si distinguono agevolmente dai solidi di sfaldatura pirossenici, allungati, intatti. Anche in questi serpentini di origine wehrilitica, l'elemento serpentinoso è costantemente lamellare, antigoritico. La vetta dello Stoffel è ancora formata da serpentino scistoso, alternante con strati di rocce cloritiche ed anfiboliche; tale scisto serpentinoso contiene in molti punti dei noccioli di olivina pressochè inalterata, costituiti ognuno da un unico individuo, del diametro di uno o anche di più centimetri. Solo qualche rara lamella di serpentino bastico vi si trova impiantata, a margini nettissimi. Alcune screpolature relativamente grosse di questi individui giganti sono invece riempite da una miscela granulare, pure freschissima, di olivina con molto diopside; in questo è ben nettamente visibile la sfaldatura prismatica, ma i contorni sono arrotondati e irregolari. Lo scisto propriamente detto, in cui queste ghiandole oliviniche sono immerse, è formato in gran prevalenza da serpentino lamellare, a fasci e lenti di lamelle parallele, spesso curve e ondulate.

Ma la roccia è notevole perchè, oltre all'olivina e al pirosseno monoclinico, come residui inalterati di minerali originari, contiene anche parti ben riconoscibili di un minerale raro, la *titanolivina* (27). Questa è pure in granuli o noduletti abbastanza grossi, talvolta come un pisello, e raramente anche di più; macroscopicamente si fa notare per il suo colore bruno rossastro cupo, che ad un esame superficiale potrebbe farla credere una varietà di granato. In sezione sottile il colore è giallo, analogo a quello della staurolite, ma assai più carico, con pleocroismo molto evidente, dal giallo all'arancione o al giallo rossastro intenso; la birifrazione è assai forte, presso a poco eguale a quella dell'olivina, o di ben poco superiore. Di sfaldature non c'è nessuna traccia sicura; frequenti sono le screpolature irregolari; i contorni cristallini mancano assolutamente. Si può talvolta osservare un concrescimento regolare di olivina e titanolivina; anzi in certe plaghe si nota perfino un passaggio, non completo, tra i due minerali: alcune parti di taluni grossi individui olivinici sono tinte decisamente in giallo, a macchie, con pleocroismo dal giallo pallido all'incoloro, anche in sezione sottile. Queste parti titanifere dell'olivina contengono frequentemente in gran copia quelle sottilissime inclusioni di lamelle brune ilmenitiche, tanto caratteristiche dei pirosseni trimetrici.

La titanolivina, isolata, previa grossolana polverizzazione, e trattata con HCl a caldo si lascia attaccare con discreta facilità, con separazione di silice gelatinosa; la soluzione lascia riconoscere la presenza del magnesio, del ferro e del titanio. La reazione di quest'ultimo è marcatissima in tutti i modi, e specialmente energica con acqua ossigenata in soluzione solforica.

Il minerale è per lo più abbastanza fresco, e mostra di resistere alquanto di più dell'olivina alla alterazione chimica; dove esso è alterato, il serpentino tutto all'intorno è pieno di prodotti leucogenici. Ma tra i prodotti che si devono probabilmente ritenere dovuti all'alterazione della titanolivina, vanno in particolar modo ricordati alcuni piccoli gruppetti di cristallini a forma e sfaldatura cubiche, con enorme rilievo, e quindi trasparenza poco perfetta, giallicci o brunicci, con birifrazione molto irregolare, talora forte e talora nulla o quasi; questi cristallini vanno, secondo noi, riferiti alla *perovskite*.

(27) Va ricordato qui che la titanolivina fu trovata dal Damour nel gruppo del Monte Rosa, entro lo scisto talcoso di alcuni blocchi di morena

del ghiacciajo di Findelen, a Zermatt (*Bull. Soc. min.* II, 1879, p. 15).

Peridotite di V. Artogna. — Notevole per la sua freschezza e per la sua posizione geologica, così da renderla meritevole di una descrizione particolareggiata e distinta, è la massa di peridotite che si osserva intercalata a mo' di grossa lente nel micascisto granatifero da noi riferito all'orizzonte delle pietre verdi, nel circo terminale della Valle Artogna.

Il colore d'insieme è, al solito, grigio verdastro scuro, con lucentezza traente alla grassa; l'alterazione superficiale determina anche qui il caratteristico arrossamento.

L'*olivina*, il più abbondante tra i componenti svelati dal microscopio, è in granuli rotondeggianti quasi equidimensionali, con spiccata tendenza all'idiomorfismo rispetto agli altri elementi della roccia; in certi punti è così copiosa che intere plaghettes risultano formate da un mosaico di granuli d'olivina a contorni rozzamente poligonali. In sezione è incolore o appena gialliccia, e poverissima di inclusioni; fra le quali si devono principalmente annoverare scarsi granuletti e cristallini ottaedrici di spinello verde bruno. I suoi individui sono poi tutti attraversati da fitte screpolature, con formazione di serpentino verde gialliccio, o giallo bruno, e bordature molto tipiche di magnetite secondaria.

Ove si consideri a piccolo ingrandimento una parte sufficiente della sezione, si può facilmente vedere che tali numerose linee di frattura, nonostante l'andamento loro ondulato e sinuoso, sono per la maggior parte marcatamente parallele e formano un sistema unico; una stessa screpolatura passa senza mutar direzione traverso più granuli di minerali diversi; nell'insieme si ha come una rete abbastanza fitta, a maglie allungate e fusiformi. Ma, contrariamente a quanto ebbimo a notare per le rocce di Balmuccia e di V. Sabbiola, non c'è cataclasi; estinzioni ondulate non si mostrano affatto; e lungo queste fessure pur così numerose mai ebbimo a notare scorrimenti o salti, così che i diversi noccioli residuali appartenenti ad uno stesso individuo originario hanno esattamente la stessa orientazione anche dove la fessurazione e l'alterazione serpentinosi sono molto progredite.

Fra i *pirosseni* più abbondante è il *trimetrico*, in plaghe irregolari, spesso evidentemente modellate sulla olivina o includenti piccoli granuli di questo minerale. Il pleocroismo è riconoscibile, quantunque la intensità della colorazione sia poca: dal rosso carnicino chiaro al giallo verdiccio pallidissimo. Sembra dunque trattarsi di un termine di mezzo tra la bronzite e i veri ipersteni. Le tracce di sfaldatura sia pinacoidale che prismatica sono sempre evidentissime; come inclusioni, oltre ai citati granuli d'olivina, sono degni di menzione gli stessi ottaedri di spinello che si osservano in quella; non già regolarmente distribuiti, ma piuttosto riuniti in gruppi o sciame di parecchi, per lo più nella parte centrale dell'ospite.

Il *pirosseno monoclino* è relativamente subordinato, ha abito diallagico e colore giallo bruniccio, che in sezione scompare quasi completamente. Rari sono i geminati secondo {100}.

L'*anfibolo* costituisce per l'aspetto suo la nota più caratteristica di questa roccia in confronto di quelle di Balmuccia e di Val Sabbiola; non si tratta infatti di orneblenda bruna, bensì di plaghe irregolarmente distribuite, ma abbastanza diffuse, di *actinoto* verde chiaro. Esso è certamente l'elemento più recente tra i silicati, poi che si modella sulla olivina e la include, e circonda ad anello il diallagio, coneresciuto regolarmente con esso; ma non è da ritenersi di origine secondaria. Forma infatti grossi individui regolari, e non aggregati di fibre o prismetti, con abito uralitico o smaragdítico. Il pleocroismo va dal giallo verdiccio pallidissimo al verde mare chiaro. Sulle facce di sfaldatura di prismetti staccati la inclinazione della direzione di estinzione sullo spigolo verticale raggiunge 19°.

Come elementi accessori vanno ancora ricordati lo *spinello* verde bruno, di colore generalmente assai cupo, e la *magnetite*.

E. — Calcescisti e calcari saccaroidi.

Calcescisti. — Queste rocce caratteristiche, assai poco diffuse nella nostra regione, si trovano sempre in connessione con tipiche prasiniti ovarditiche, anzi con esse d'ordinario ripetutamente alternanti. Si possono così osservare al Colle d'Olen, come pure più a Sud, sulla vetta del Corno Rosso, e tra questo e il Colle di Zube; ad Est giù nel vallone dell'Olen; e in identiche condizioni nei dintorni dell'Alpe Egua fino al Colle omonimo.

La struttura è sempre chiaramente scistosa, talvolta piana, talaltra piuttosto fogliettata o pellicolare-ondulata; il colore è caratteristico, grigio fino a grigio nerastro; non di rado sulla faccia di scistosità si osserva una lucentezza abbastanza viva, quasi come di grafite. Son poi frequenti nella massa straterelli più o meno sottili di calcare quasi puro, bigio chiaro o bianchiccio.

La roccia fa viva effervescenza con acido cloridrico diluito e freddo; questo fa già supporre che la maggior parte dell'elemento carbonato sia calcite, e tale osservazione è confermata dal fatto che al microscopio si vedono i granuli di carbonati, sempre affatto irregolari e di variissime dimensioni, geminati molto spesso polisinteticamente secondo la consueta legge. La quantità della calcite è molto variabile: d'ordinario essa forma l'elemento prevalente, ma da questi tipi normali di veri calcescisti si passa per gradi ad altri più scistoso-ondulati, che ne sono poveri e hanno facies piuttosto filladica.

Altro elemento essenziale è la *muscovite*, con caratteri normali, e sparsa dovunque, ma specialmente riunita in straterelli, non di rado, come le lamine isolate, sinuosi, curvi od arricciati.

Si associa ad essa in quantità molto più scarsa la *clorite*, in aggruppamenti di lamine irregolari o raggiate.

Quarzo e *feldspato* sono presenti entrambi, talora in discreta quantità, ma più frequentemente come perduti nella massa della calcite, a mo' di frammenti disseminati qua e là. E di frammenti appunto hanno la forma per lo più i granuli di feldspato, con sfaldatura evidentissima, geminazioni rare o mancanti. Confrontati col balsamo, si ha che sempre e marcatamente $\alpha' < n$; γ' invece è spesso circa $= n$; il che escluderebbe la presenza dell'ortoclasio e proverebbe trattarsi di *albite*. Il *quarzo* è più diffuso, e forma spesso lenticelle schiacciate e ghiandolette a struttura minutamente granulare, ma con l'aspetto di un aggregato derivante per dinamometamorfismo da uno o pochi individui di maggiori dimensioni.

Tra gli elementi accessori abbastanza comune è la *tormalina*, in piccolissimi prismetti ben definiti e allungati secondo l'asse ternario: essi contengono numerose inclusioni nere opache, e hanno un pleocroismo, al solito, ben marcato, nonostante le loro dimensioni:

ϵ = incolore a gialliccio pallidissimo

ω = bruno giallastro a verdastro.

Scasso invece il *granato*, del quale però si osservano in alcune località cristalli isolati, rombododecaedrici, di qualche millimetro. L'*apatite* non manca.

Distribuito poi in tutta la massa, ma particolarmente riunito intorno alle lamine e negli straterelli di muscovite, è un pigmento granulare, nero, opaco, di natura presumibilmente grafitica, che è quello il quale impartisce a tutta la roccia la caratteristica tinta grigia.

Calcarei saccaroidi. — Oltre a questo tipo di calcescisti, che non abbiamo trovato mai all'infuori della zona principale delle *pietre verdi*, anche nelle minori zone da noi per ragioni varie ascritte pure a questa formazione, si osservano banchi di roccia calcarea, o compresi tra forme prasinitiche propriamente dette, o quasi al confine tra queste e gli scisti appartenenti al gneiss-Sesia; e coi calcari del gneiss-Sesia hanno questi delle pietre verdi le più grandi analogie di aspetto e di composizione.

Il più noto di tutti è per certo quello del Massucco, in Val Sorba, dove, sul fianco sinistro della valle, a una certa altezza sul thalweg, affiora, tra forme anfiboliche ed eclogitiche molto caratteristiche, un banco di calcare bianco, saccaroide, quasi statuario, già altra volta scavato ed utilizzato, oggi abbandonato per la poca sua potenza e la mancanza di strade atte al trasporto con rotabili. Non tutta la massa è però così pura; già qualche squama di mica bianca si può trovare nella varietà più candida; verso il contatto con le rocce incassanti la roccia è venata di grigio, di giallognolo, e soprattutto di verde. In tali vene sono abbondanti vari minerali accessori; il più comune è l'*anfibolo*, in prismetti allungati, di color verde mare vivace; gli *epidoti*, specialmente *zoisite*, sono pure assai frequenti, in granuli e masserelle giallognole; la *muscovite* li accompagna spesso, ovvero sta a sè in straterelli sottili; più scarsamente rappresentato è un *pirosseno* monoclino, verde, pochissimo pleocroico, senza contorni cristallini, di aspetto quasi omfacitico; *quarzo* e *albite* pure scarsi; la *pirite* è diffusa qua e là. Alla salbanda poi, questi elementi si accrescono di quantità per modo da formare una roccia compatta, variegata di verde e di rossiccio, costituita essenzialmente da *zoisite*, *granato*, *anfibolo*, *titanite* e, talvolta, anche *pirosseno* monoclino, con poca calcite accessoria. Quanto alla massa calcarea, anche là dove apparisce più pura, non è forse di composizione molto omogenea; infatti la superficie esposta alla corrosione meteorica non è liscia ed unita, ma quasi sempre lascia riconoscere numerose piccole sporgenze, aspre ed angolose, formate da individui grossetti di un carbonato romboedrico, bianco, attaccato poco e assai lentamente a freddo dall'acido acetico diluito al 20 %, mentre la massa calcitica in identiche condizioni fa viva effervescenza. Tali cristallini, sciolti poi in acido cloridrico tepido, lasciano riconoscere di contenere, oltre alla calce, notevole quantità di magnesia, e vanno evidentemente riferiti alla *dolomite*.

Abbastanza puro è anche il calcare di Giarre, in Val Artogna, bianco, o gialliccio, zonato di grigio chiaro, con qualche lamella di *muscovite*.

A Peccia, in Valdobbia, i calcari sono compresi entro una roccia prasinitica molto scistosa, granatifera, e qua e là ricca di muscovite, così da far passaggio ad un mica-scisto. Al contatto, la massa calcitica si arricchisce in parecchi punti dei minerali della roccia verde, specialmente di *mica bianca*, e di un feldspato plagioclasio, jalino, talvolta quasi idiomorfo, con geminazione albitica a lamelle poco numerose, con estinzione massima = 18°; confronti col *quarzo*, ch'è pure presente, benchè in quantità molto esigua, ci diedero: $\delta_1 < 0$, $\delta_2 < 0$. Il minerale è dunque *albite*.

F. — **Micascisti granatiferi e gneiss chiari.**

Questo gruppo di rocce forma il piano inferiore della zona delle pietre verdi, come noi abbiamo creduto di limitarla, e costituisce in qualche modo la scorza del gneiss Rosa, dal quale differisce però essenzialmente per la grande abbondanza di interstrati verdi che vi si osservano. Fra queste rocce tipicamente verdi abbiamo già avuto occasione di citare prasiniti, anfiboliti, eclogiti.

Il tipo principale e più largamente rappresentato è un micascisto granatifero, spesso di abito e composizione più o meno gneissica, scistosità perfetta, color chiaro traente non di rado al rossiccio dove è più puro, cioè più povero di elementi verdi. Questo tipo più caratteristico si può osservare in numerose località, dal Corno del Camoscio allo Stollenberg; lungo la cresta che sale da questo alla Punta Giordani; sullo sperone che divide la Valle dell'Olen da quella di Bors nella sua parte alta; sempre però alternante più o meno abbondantemente con banchi di rocce verdi e di gneiss chiaro.

Quarzo e feldspato, benchè in proporzioni molto variabili, sono sempre entrambi presenti. Il primo talvolta forma un mosaico abbastanza regolare, ma molto più frequentemente è in granuli piccoli o in plaghe aggregate che rivelano tracce evidentissime di forti pressioni subite. Il feldspato invece si presenta in granuli più grandi e regolari, poco deformati meccanicamente, benchè sempre senza contorni cristallini: le geminazioni sono scarse; le tracce di sfaldatura spesso molto esili, interrotte e visibili nettamente solo a diaframma molto ristretto. Confrontato al quarzo col metodo di Becke, si trova che i suoi indici sono sempre inferiori ad ω del quarzo. Confrontato col balsamo ($n = 1.540$ circa) si trova costantemente $\alpha' < n$; $\gamma' < n$. Laminette di sfaldatura e granuli immersi nell'essenza di garofani ($n = 1.534$) danno invece $\alpha' < n$; $\gamma' > n$. Parrebbe quindi provato trattarsi di albite. In sezioni perpendicolari a {010} i cristalli geminati presentano una estinzione inclinata al massimo di 17° , ma perifericamente si ha talora un accenno di struttura zonale; in un cristallo nel quale l'estinzione delle due lamine avveniva a 18° e 15° dalla sutura nel nucleo interno, la zona esterna presentava inclinazioni di estinzione rispettivamente eguali a 10° e 9° (28). Ortoclasio invece non abbiamo potuto constatare.

La *muscovite* è il più importante tra gli elementi di aspetto micaceo: essa è sempre abbondante, in lamine anche notevolmente larghe, e forma da sola o quasi interi strarelli della roccia.

Si associa ad essa la *clorite*, che talvolta è pure in copia ragguardevole; le sue lamine hanno una decisa tendenza a riunirsi in gruppi raggiati; si tratta per lo più di cloriti a bassissima birifrazione; il clinocloro sembra raro. La *biotite*, che non è mai molto abbondante, è notevole per la sua freschezza e il color bruno, con pleocroismo intenso, dal giallo pallido al bruno marrone; le laminette di questa mica sono molto più piccole di quelle dei due precedenti minerali.

Altro degli elementi essenziali è il *granato*, roseo, in cristallini che arrivano spesso alle dimensioni di un grosso pisello e sono per lo più nettamente terminati da facce di {110}. Spesso tali cristalli sono pieni di inclusioni di elementi estranei, particolarmente quarzo

(28) Per tali zone esterno lievemente più basiche del nucleo interno albitico nel gneiss centrale della Zillertal, cfr. anche: BECKE, *Ueber Zonen-*

struktur bei Feldspathen. Ref. N. Jahrb. 1898, II, p. 197.

e muscovite, ordinate in zone parallele alla periferia, segnata da un anello limpido e privo di inclusioni; questa specie di anello di granato è anche non di rado interrotto o composto di parecchi minori individui disposti in corona. Un'alterazione cloritica alla periferia e lungo le screpolature non è infrequente ad osservarsi.

Notevole diffusione ha pure qui l'*anfibolo*, di colore verde deciso e col pleocroismo dell'orneblenda:

α = gialliccio
 b = verde carico
 c = verde azzurrastrò cupo.

Esso non si presenta mai in cristalli regolari: bensì forma individui pieni di lacune curvilinee e sinuose, o plaghe scheletriformi, oppure fasci di molti piccoli individui in posizione subparallela. Contiene inclusioni numerosissime ed abbondanti di tutti gli altri elementi della roccia.

Meno abbondanti assai sono l'*epidoto* e la *zoisite*, associati in concrescimento regolare: la *zoisite* sta al centro ed è talvolta, ma non molto comunemente, sostituita dalla *ortite*, bruno garofano o bruno verdastro chiaro.

Una certa diffusione ha la *tormalina* nera, già riconoscibile in alcuni esemplari ad occhio nudo; in sezione sottile essa presenta:

ϵ = giallo bruniccio chiarissimo
 ω = bruno verdastro intenso.

I suoi prismi, irregolari, allungati secondo l'asse verticale, sono spesso multipli o fascicolati. Tra le inclusioni è notevole la frequenza del granato, in cristallini anche grossetti e nettissimi.

Tra gli accessori vanno ricordati come più diffusi: *rutilo*, *apatite*, *ossidi di ferro*; quindi: *zirconio*, *titanite*, *pirite*.

Riteniamo equivalente anche geologicamente a queste forme di micascisto una serie di rocce molto simili ad esso petrograficamente, le quali affiorano in una vasta zona che comprende le alte valli Sorba, Gronda ed Artogna; anche qui i micascisti sono riccamente granatiferi, e si mostrano connessi con prasiniti ed eclogiti a glaucofane oltremodo tipiche.

Come già dichiarammo, l'analogia di queste rocce con quelle del Monte Rosa è così grande, che per gran parte la descrizione che di queste ultime abbiamo dato vale anche per le prime; qualche differenza però si può notare tra esse. Così la *mica bianca* è qui più spesso sottilmente squamosa, o in aggregati quasi sericitici; i suoi straterelli sono anche più arricciati e contorti. La *biotite* è pure spesso bruna; in parte essa ci sembra derivare con sicurezza dalla *clorite*: e si osservano i due minerali associati nelle fessure del *granato*, dalla cui alterazione entrambi evidentemente ebbero origine. L'*anfibolo* è più chiaro, con aspetto di actinoto, e forma individui più piccoli e spesso molto abbondanti. Invece dell'actinoto si ha non di rado il *glaucofane* (*gastaldite*) di colore molto pallido, anzi spesso perfettamente incolore in sezione sottile; questo minerale del resto è frequentissimo, come sappiamo, nelle eclogiti che in banchi di varia potenza si osservano nel micascisto del M. Rosa. L'*epidoto*, la *zoisite* e la *titanite* sono talora molto abbondanti. Per diminuzione del granato e aumento degli elementi verdi o azzurri si passa gradatamente alle prasiniti; di queste, come delle eclogiti a glaucofane e delle anfiboliti, abbiamo già dato a suo luogo la descrizione.

Un analogo micascisto ricco di anfibolo e granato affiora anche a Rua, presso il margine S. E. del gneiss Sesia, al quale lo abbiamo ascritto dubitativamente, per mancanza di un *sicuro* criterio che ci permettesse di ascriverlo alle vere pietre verdi. Come più volte abbiamo fatto notare, banchi di micascisto e di rocce prasinitiche si trovano in più luoghi intercalati nel gneiss Sesia, e una distinzione netta e sicura tra le rocce di questa formazione e quella delle pietre verdi non è possibile; tuttavia il micascisto di Rua, che affiora quasi al contatto con le rocce eruttive basiche e sta sotto al gneiss Sesia propriamente detto, potrebbe senza difficoltà anche dal punto di vista geologico essere identificato con quello del Rosa e delle valli Sorba, Gronda ed Artogna.

Con questo micascisto e in particolar modo con quello del M. Rosa, alternano, legate ad esso da graduali passaggi, forme più ricche di feldspato, francamente gneissiche, anzi per lo più abbastanza compatte e con scistosità a grandi banchi, di colore grigio chiarissimo o grigio verdognolo.

I feldspati sono qui l'elemento prevalente; per la massima parte si tratta ancora di *albite* in geminati di due soli individui, o con poche e sottili lamelle intercalate fra i due. Confrontata col quarzo, sempre è $\gamma < \omega$, ma nell'essenza di garofani ($n = 1.533$) è invece sempre $\gamma > n$. Essa contiene frequentemente inclusioni arrotondate di quarzo, e talvolta anche laminette di mica bianca disposte regolarmente.

L'*ortoclasio* manca o è rarissimo; invece si osserva, con varia frequenza, qualche plaga di *microclino*, con la caratteristica struttura, e $\gamma < n$ nell'essenza di garofani, così che i suoi granuletti si distinguono subito da quelli dell'*albite*, che, a diaframma non molto chiuso, presenta nel liquido contorni pressochè inafferrabili.

Il *quarzo* forma individui granulari, generalmente abbastanza regolari, e più piccoli assai di quelli feldspatici, nei quali si trovano anche inclusi in buon numero.

Gli *elementi micacei* sono più o meno scarsi; formano laminette piccole e tozze, sparse irregolarmente; la *biotite* è spesso cloritizzata quasi completamente.

Il *granato* si osserva ancora qua e là, in rari granuletti e cristallini di piccole dimensioni; l'*epidoto* è più frequente, associato alla *zoisite* e alla *ortite* di color bruno caffè carico, con distinto pleocroismo; *titanite*, *apatite*, *ossidi di ferro*, *zircone* sono di consueto presenti come accessori, e ad essi s'aggiungono talvolta la *calcite*, la *pirite* e l'*arsenopirite* (29).

G. — Scisti quarzitiol.

Tra le vere pietre verdi e il sottostante gneiss del M. Rosa, in alcune località della nostra regione, come p. es. ai Merletti sopra Alagna, in Valle di Mud ecc., si osserva un banco di una roccia scistosa affatto caratteristica per il suo colore bianco purissimo; la tessitura n'è assai minuta, e sulla faccia di scistosità brillano solo piccole squamette di muscovite disposte in esili *flaser*.

Al microscopio si può constatare il componente essenzialissimo di tale roccia essere il *quarzo*; la massa è composta però di plaghette allungate e schiacciate, fusiformi o len-

(29) In questo orizzonte sono aperte alcune miniere di arsenopirite aurifera; alla galleria Vincenzo (ribasso) si può raccogliere un gneiss chiaro caratteristico.

ticolari: le une composte di purissimo quarzo in granuli grossetti, irregolarissimi, a contorni sinuosi, addentellati spesso gli uni con gli altri, molto deformati otticamente, e ad estinzioni fortemente ondulate; altre, e a grana molto più fina, formate di un mosaico minutissimo di granuletti di quarzo, alquanto più regolari di forme, insieme a numerosi granuli di *zoisite*, per lo più pure assai piccoli, e a scarse lamelle di *mica bianca*, disposte in modo abbastanza regolare.

Cumuletti di *apatite* si osservano pure qua e là. Anche la *tormalina*, in sottili prismetti allungati, di color bruno, compare spesso come accessorio. Tutta la roccia rivela l'azione di un energico dinamometamorfismo.

V. - Gneiss-Monte Rosa.

Ultima a N.O. tra le formazioni che interessano la nostra regione, è quella che, adottando il nome proposto dal Gerlach, vogliamo seguir a chiamare gneiss del Monte Rosa. L'abito petrografico delle rocce di questa zona è assai più monotono ed uniforme di quanto non avvenga per le precedenti; si tratta di gneiss a due miche, con biotite bruna, talora di veri ghiandoni porfiroidi, passanti a gneiss minuti scistosi, anche zonati, o tabulari, e qua e là a veri micascisti ricchi di biotite. Non mancano neppure qui, anche nei tipi ghiandolari, interstrati di rocce verdi, formanti le masse costitutive accessorie della formazione, ma sono assai scarsi, in piccolo numero e di esile potenza, così che l'uniformità dominante non ne viene che insensibilmente turbata.

A. — Gneiss porfiroide.

Questa varietà di gneiss, ghiandolare o porfiroide, forma uno dei tipi più distinti di questo complesso di rocce gneissiche; si trova specialmente diffuso nel circo terminale della Sesia, e se ne possono raccogliere agevolmente campioni bellissimi nelle vicinanze delle Alpi Le Pile, Vigne, Decco e Flua; salendo alla Capanna Gnifetti per il ghiacciajo di Indren, mezz'ora sotto la capanna questa roccia affiora ancora come un piccolo sperone, sporgente dal ghiacciajo; più a N. e ad E. essa cede presto il campo alle forme minute; ma ricompare qua e là più o meno abbondantemente fino al limite orientale, dove tra il colle d'Egua e il colle di Baranca, subito a N. della sottil fascia di pietre verdi e calcescisti si può ancora osservare un tipo caratteristico; meno diffusa nei circhi di Rima e di Carcoforo, si trova invece sul versante nord della catena in parecchi punti: bellissimo tra gli altri il ghiandone dell'Alpe Schena in Val Quarazza. Anche al passo del Turlo si ha un gneiss porfiroide di questo tipo, ma alquanto più minuto e scistoso; così in alcuni punti del M. delle Locce.

Macroscopicamente, la roccia somiglia ai tipi più ghiandolari del gneiss di Beura nell'Ossola; mancano grossi individui di quarzo; sono invece ben visibili i grandi cristalli di ortoclasio, geminati quasi sempre secondo la legge di Karlsbad, i quali arrivano talvolta fino alla dimensione di 4-5 cm. benchè d'ordinario siano molto più piccoli. Che la roccia non sia di composizione uniforme, ma costituita dalla alternanza di lenticelle e *flaser* di minerali diversi, è già facilmente visibile con la lente; oltre all'ortoclasio, alle lenticelle di quarzo e alle laminette di biotite bruno-cupa e muscovite talvolta bruniccio-

pallida, è frequente poter distinguere cristallini di tormalina nera, i quali però ben di rado arrivano a dimensioni ragguardevoli.

Al microscopio si constata facilmente che i grossi cristalli di feldspato spettano all'*ortoclasio*. Laminette di sfaldatura {001} mostrano estinzione parallela alle tracce di sfaldatura {010}; su laminette pure di sfaldatura parallele a quest'ultima faccia la direzione di massima elasticità fa in senso positivo, cioè nell'angolo ottuso β , un angolo piccolissimo che abbiamo trovato di $4^\circ-6^\circ$ con la traccia della base. Confronti col balsamo del Canada ($n=1.540$) e con l'essenza di garofani ($n=1.533$) ci diedero costantemente e nettamente $\alpha' < n$ $\gamma' < n$. Confronti col quarzo danno che in tutti i casi gli indici del feldspato sono notevolmente inferiori all'indice minimo del quarzo. Tanto in sezione sottile che sulle lamine di sfaldatura è frequentissimo constatare nell'*ortose* la esistenza di sottili lenticelle di un minerale alquanto più rifrangente dell'ospite, spesso con geminazione polisintetica, ben visibile specialmente nelle sezioni normali a {010}; sulla {010} tali lenticelle estinguono pure in senso positivo, ma a $18^\circ-20^\circ$ dalla traccia della base: si tratta dunque di micropertite tra *ortoclasio* e *albite*. La loro inserzione pare avvenire secondo {100} dell'*ortoclasio*. Individui di albite più grossi, ma non orientati in concrescimento regolare con l'ospite, si trovano pure inclusi qua e là nell'*ortoclasio*.

Questi grossi individui feldspatici sono però interessanti piuttosto per i fenomeni secondari che essi presentano, anzichè per le proprietà normali finora descritte: tali fenomeni secondari sono dovuti essenzialmente ad azioni meccaniche, le cui tracce si possono sempre constatare, e bene spesso in modo assai chiaro.

Il fenomeno più appariscente è la rottura dei cristalli, secondo screpolature sinuose ed irregolari, con spostamento e allontanamento delle parti, le quali d'ordinario non estinguono più contemporaneamente; la sutura di geminazione di Karlsbad è rotta, a zig-zag od a scala. Nelle screpolature e lungo i margini del cristallo, che non sono mai regolari ed integri, si osserva una pasta feldspatico-quarzosa, finissima, dovuta evidentissimamente alla frantumazione periferica dell'*ortose*; in questa pasta, che è talora copiosa, non manca l'*albite*, e questa poi si trova formare un sottil margine, una bordatura a mo' di frangia tutto all'intorno dei cristalli d'*ortose*, dei quali segue esattamente i confini capricciosamente sinuosi e elastici, e coi quali è in posizione di concrescimento regolare. Tale bordatura è pertanto sicuramente di origine secondaria; una continuità esistente tra questa zona e le lenticelle di albite micropertitica, nonchè il penetrare a fasci di tali lenticelle dall'esterno nell'interno dell'*ortoclasio*, dove questo ha evidentemente subito più energiche azioni meccaniche, lascia ritenere con tutta probabilità che anche tali lenticelle siano un prodotto del dinamometamorfismo (30).

Un altro fenomeno periferico si può constatare abbastanza spesso nell'*ortoclasio* di questi gneiss: la esistenza cioè di plaghette a struttura *vermicolata*, micropegmatitica, o *pseudogranofirica*, come vorremmo chiamarla, le quali si protrudono dall'esterno fino a una certa profondità nella massa ortoclasica, e rassomigliano assai a quelle che furono già trovate dal Franchi nel gneiss granitoide detto *centrale* di varie località delle Alpi occidentali. Non si tratta però di fiocchi di vermicolazioni di quarzo o d'altro, che si sfrangino entro la sostanza ortoclasica: anche un esame superficiale basta a far riconoscere che la plaghetta non estingue contemporaneamente all'*ortose* limitrofo, nè nel fondo, nè nelle ver-

(30) Cfr. anche: SALOMON. *Gequetschte Gesteine des Mortirolo-Thales*. — N. Jahrb. B. B. XI. 1897.

micolazioni: di più, il fondo è sensibilmente più rifrangente dell'ortoclasio, e le vermicolazioni anche alquanto più del fondo. Si può ritenere col Futterer (31), il quale osservò fenomeni analoghi in alcuni porfidi granitici laminati della Zillerthal, che si tratti di due plagioclasti acidi diversi: noi crediamo tuttavia più probabile che il fondo sia albitico e le vermicolazioni quarzose; il metodo di coloritura del Becke, per esperienza nostra, non è così delicato da potersi aver fede nei suoi risultati in queste ricerche su particelle finissime, a forte ingrandimento. Il fenomeno, abbiamo detto, è sempre periferico, ma in qualche caso si osserva anche lungo le fratture: anzi abbiamo osservato un caso in cui una frattura secondaria, con notevole spostamento delle parti, era riempita da queste plaghette vermicolate, che si protrudevano ai due lati nell'interno dell'ortoclasio. Noi crediamo di non andare errati ascrivendo, come già Futterer nelle sue rocce, a fenomeni secondari meccanici anche la formazione di queste plaghette pseudogranofiriche.

Ma un'altra modificazione, di natura interna e più delicata, subì in vari punti l'ortose in seguito alle azioni dinamiche: la paramorfosi parziale in *microclino*. Che questo feldspato, almeno in alcuni casi, non sia che un prodotto del metamorfismo dinamico dell'ortoclasio, è cosa che ormai non ha più bisogno di essere discussa; nel nostro caso è evidentissima, poi che la trasformazione non è che parziale, e da plaghe a struttura ottica regolare si passa, senza frattura, per una zona a estinzione vagamente ondulata, a parti con struttura nettamente graticciata; la estinzione dei due sistemi avviene simmetricamente, a destra e a sinistra della estinzione delle parti non deformate, con un massimo di circa 13° - 14° , nelle sezioni normali alla {010}, come nelle lamine di sfaldatura basale. Tuttavia, per quanto energiche siano le azioni meccaniche subite dal minerale, una trasformazione completa in microclino è rara, e si osserva solo nei frantumi feldspatici degli esemplari più laminati, nè in tutti i casi.

L'*albite*, oltre che nella pasta clastica, è anche frequente nella restante massa della roccia, mista a granuli di ortoclasio piccoli e di quarzo. Il suo potere rifrangente medio è superiore a quello dell'ortoclasio, inferiore a quello del quarzo, e poco inferiore a quello del balsamo (1.539-1.540). Vi sono frequenti le geminazioni caratteristiche; talora gli individui sono solo due o tre nettamente distinti; talora invece le lamelle sono più numerose e interrotte; l'estinzione simmetrica non supera i 17° .

Il *quarzo* è assai abbondante, ma ben raramente si trova in granuli grossi, regolari, formati da un individuo unico per orientazione; esso invece, o si trova frammisto al feldspato ed alle miche in granuli piccoli, densamente aggregati e intrecciati ai margini: oppure costituisce da solo piccole masserelle in forma di lente, risultanti da un mosaico di granuli, più o meno numerosi, ma sempre assai più grandi dei primi, e talora con l'aspetto che presentano queste formazioni nelle rocce granitico-porfiriche laminate. È noto infatti che in tali processi il feldspato è spesso solo fratturato perifericamente, mentre gli interclusi di quarzo anche più grossi sono divisi in numerosi frammenti di forma angolosa e irregolare.

Delle miche sono egualmente abbondanti *biotite* e *muscovite*.

La prima è di tipo meroxenico, quasi sempre fresca, di color bruno, con pleocroismo normale, dal giallo legno chiaro al bruno giallastro o rossastro carico; non mancano tuttavia esempi di alterazione parziale o totale, con formazione di *clorite*. I suoi individui,

(31) K. FUTTERER. *Ueber Granitporphyr von der Griesscharte in den Zillerthaler Alpen.* — Ein

Beitrag zur Kenntniss dynamometamorpher Strukturen. — N. Jahrb. B. B. IX. 1894.

talora discretamente grossi ed estesi, sono però di molto varie dimensioni, scendendo fino a quelle di esilissime pagliuzze.

La mica bianca non è meno copiosa della bruna, e come questa in lamine e squame di grandezza estremamente varia; è essa pure fresca, piuttosto bruniccia che verdiccia, incolore in sezione sottile, con grande angolo degli A. O.

Questi due componenti, come del resto gli altri, non sono distribuiti equamente in tutta la massa, ma, come già ebbimo ad avvertire, e anche macroscopicamente si riconosce, essi sono raggruppati a preferenza in lenticelle, ghiandolette e flasern. Nella pasta quarzoso-feldspatica, specie dove è abbondante l'albite, e più evidenti sono i fenomeni di laminazione, la muscovite è più abbondante della biotite, la quale anzi vi manca talvolta completamente.

Gli elementi accessori sono tutti assai scarsi, in questi tipi francamente ghiandolari; il più frequente è forse la *zoisite*, in minuti granuli o netti cristallini prismatici; essa si trova sempre vicina alle miche, o anche inclusa completamente in queste, in forma spesso di rosette e gruppetti raggiati. Il *granato* è pure abbastanza diffuso, ma non mai in grossi individui; costituisce piccoli cristallini rombododecaedrici, ben formati, ma zeppi di minutissime inclusioni; il loro diametro oscilla fra $\frac{5}{100}$ e $\frac{1}{10}$ di mm. Che questo come il precedente minerale abbiano origine secondaria è assai probabile, ma difficile a dimostrare.

Meno regolarmente distribuita ma frequente è anche la *tormalina*, nera in massa, e già, come sappiamo, riconoscibile spesso ad occhio nudo. È idiomorfa, in prismetti fascicolati, nei quali le facce di $\{2\bar{1}1\}$ e $\{10\bar{1}\}$ sono ben riconoscibili; qua e là compaiono anche faccette di piramidi trigonali. Il pleocroismo, come di regola, è molto energico, dal giallo o rossigno chiarissimo (ϵ) al bruno caffè o bruno verdastro oscurissimo (ω); parti e zone di colore diverso si osservano spesso nello stesso cristallo; vi sono frequenti le inclusioni, particolarmente di quarzo.

Nella roccia si osservano inoltre cristallini di *zirconio*, talora inclusi nelle miche e circondati dalla solita aureola policroica; scarsi granuli di *apatite* ed *ossidi di ferro*; rari e minutissimi cristallini di *titanite* secondaria.

B. — Gneiss minuti, micascisti, ecc.

La diffusione di queste forme minute, le quali non solo passano per graduali transizioni alle ghiandolari, ma alternano con queste ripetutamente in parecchie località, è notevolmente più grande di quella delle forme porfiroidi medesime; e maggiore ancora è il predominio loro nella parte orientale della zona da noi ascritta alla formazione del gneiss M. Rosa.

Sono per lo più gneiss minuti, scistosi, o microghiandolari, talora un po' *flaserig*, passanti a micascisti biotitici, anzi talvolta così ricchi di miche da potersi dire veri micascisti. La composizione n'è però piuttosto uniforme, meno poche eccezioni che accenneremo in seguito, così da non giustificare una divisione in gruppi per la descrizione.

Al microscopio, l'elemento feldspatico si trova sviluppato in due tipi di struttura diversi. L'uno è rappresentato da granuletti minutissimi, irregolari, fittamente aggregati, per modo che non sono neppure facilmente riconoscibili i limiti rispettivi dei singoli individui; nelle parti formate da tale aggregato si aggiungono al feldspato granuletti di quarzo minuti, e piccole squamette di mica bianca o verdiccia; talora anche, in minore

proporzione, di biotite. La natura di tale feldspato è in simili condizioni molto difficile a determinarsi: noi propendiamo, dall'esame del potere rifrangente, a credere che vi prevalga l'*albite*, tanto più che qualche granulo sicuramente riferibile a tale plagioclasio si osserva qua e là dove la grana è più regolare e più grossa. Che questi aggregati siano di origine clastica ci pare almeno assai probabile.

L'altro aspetto dell'elemento feldspatico, che si trova subordinato e promiscuamente col primo nei tipi normali di gneiss minuti, ma che predomina fortemente in taluni esemplari, è quello di plaghe larghette, a contorni irregolari, ma non deformate meccanicamente nè otticamente, inalterate e limpidissime. Le sfaldature sono scarse nell'interno dei preparati, ma numerosissime ed evidenti ai margini; di geminazione ordinariamente non esiste alcuna traccia; un accenno a struttura zonale si osserva talora, ma insignificante. Nel balsamo, constatammo ripetute volte

$$\alpha' < n \quad \gamma' = n.$$

Confronti con quarzo, in posizione incrociata, numerosi e molto sicuri, ci diedero sempre

$$\delta_1 < 0 \quad \delta_2 < 0.$$

Il minerale è dunque con sicurezza da riferirsi all'*albite*. Notevole, data anche la limpidezza e freschezza del minerale, la copia delle inclusioni, veramente numerosissime, specie al centro; sono squamette di muscovite, granuletti di quarzo, prismetti minutissimi di zoisite. Tutti questi caratteri fanno sorgere spontaneo il pensiero di ricristallizzazione secondaria dell'elemento feldspatico.

L'*ortoclasio*, la cui presenza abbiamo pur qualche volta potuto constatare con sicurezza, sembra essere molto scarso.

Come nei tipi ghiandolari, anche in questi scistosi il *quarzo* non solo si trova mescolato al feldspato, ma forma pure da solo, o quasi, straterelli o piccole lenti, a struttura granulare irregolare.

Le miche sono pure molto abbondanti, e alla loro disposizione regolare si deve per gran parte la facile scistosità della roccia. La *biotite* è bruna, e contende il primato alla muscovite anche nei tipi più decisamente micascistosi. Una alterazione in clorite si nota pure, frequentemente, ma è raro ch'essa sia molto estesa ed avanzata. La *muscovite*, oltre che in sciame di piccole e numerose squame, si trova anche frequentemente in grossi individui, i quali vanno distinti per la particolarità che numerosissime esili e brevi lamelle di biotite si trovano incluse nel loro interno, in posizione di regolare concrescimento. Si notano pure, ma assai più di rado, accrescimenti micropoichilitici di quarzo in muscovite.

Fra gli elementi accessori va citato primo il *granato*, il quale raramente manca del tutto, benchè di solito non sia riconoscibile ad occhio nudo. Esso si presenta in cristallini rombododecaedrici abbastanza ben formati, o in granuli rotondegianti, che ordinariamente non superano qualche decimo di mm., ma nei tipi micascistosi possono essere anche di molto maggiori e più abbondanti. Una forma ad anello più o meno incompleto è pure facile ad osservarsi; le screpolature sono assai comuni, come del resto anche tracce di alterazione in clorite, ma soltanto parziale e periferica.

Piuttosto largamente diffusa, benchè sempre scarsa per quantità, è anche la *zoisite*, non solo come inclusione nell'*albite*, ma in forma di prismetti e cristallini, talora geminati secondo {100} (*clinozoisite*): si trovano pure dei termini più birifrangenti, riferibili a vero *epidoto*; nuclei interni di *ortite* sono assai rari.

La *tormalina*, coi caratteri che essa presenta nei gneiss ghiandolari, si trova in molti punti anche in queste forme minute; non è però così uniformemente distribuita come granato ed epidoti: campioni di gneiss riccamente tormaliniferi si possono raccogliere tra Crafenbode e il Turlo, e in qualche altra località nel gruppo del M. Rosa.

L'*apatite*, generalmente scarsissima, può localmente essere relativamente abbondante, in granuli grossetti, grigi per inclusioni pulverulente. *Zircone* e *rutilo* sono assai scarsi, il secondo anche più del primo; gli *ossidi di ferro* son discretamente rappresentati.

Dalle varietà micascistose dei gneiss ora descritti ai veri micascisti si passa per gradazione insensibile, e una descrizione diffusa di tali micascisti, sempre alquanto feldspatici, non sarebbe per grandissima parte che inutile ripetizione di quanto siamo fin qui venuti esponendo. È specialmente sopra Rima, salendo al Piccolo Altare, che i micascisti, anche riccamente granatiferi, si possono osservare nel loro prevalente sviluppo, e con forme così caratteristiche da sembrar quasi un passaggio ai veri micascisti granatiferi già descritti e da noi riferiti alle pietre verdi. Il *granato* vi è copioso, in grossi cristalli, pieni di inclusioni, tra cui il *rutilo* è spesso riconoscibile; l'alterazione cloritica è frequente e spesso molto avanzata. I pochi individui feldspatici, talora grossi, vanno riferiti ad *albite*. Tra le miche, la *muscovite* prevale sulla *biotite*: il colore bruno di questa è d'ordinario abbastanza bene conservato. Tra gli elementi accessori l'*ilmenite* è il più diffuso: meno comuni il *rutilo* e l'*apatite*.

Un'altra varietà di roccia, pure aberrante dal tipo comune, è data dai gneiss chiari che in banchi relativamente di poca potenza alternano con le forme tipiche. La roccia che si raccoglie sopra Crafenbode può servire di esempio. È questa un vero *gneiss a muscovite*, con pochissimo *granato* e rare squame di *biotite*, fresca e bruna. La miscela quarzoso-feldspatica è abbastanza regolare per grana; all'*albite* si aggiunge qui alquanto *ortoclasio*.

Notevolmente distinta per aspetto e per composizione è anche la roccia che forma la Punta Gnifetti, roccia da noi studiata su vari campioni, raccolti tanto alla Cap.^a Margherita, profittando dei lavori d'ampliamento della capanna stessa, che misero a giorno campioni relativamente freschi, come anche una mezz'ora sotto la capanna, scendendo per la via consueta. La roccia, molto scistosa, assai lucente sulle facce di separazione fresca, è di un grigio piuttosto chiaro; straterelli bianchicci di quarzo sono ben visibili sulla frattura trasversale. In complesso l'aspetto è più micascistoso che gneissico.

L'*elemento feldspatico* anche al microscopio si mostra così scarso e alterato che spesso si può dire mancante; sono pochi granuli, frantumati e impastati con quarzo, tutti traversati da laminette di mica bianca. Copioso invece il *quarzo*, ma, come di solito nei micascisti, per la massima parte riunito in straterelli più o meno sottili, spesso quasi puri, formati da granuli a contorni sinuosi. La *muscovite* gli contende il predominio; la *biotite* manca invece completamente; la *clorite* è relativamente molto subordinata, meno qualche campione dove sembra assumere maggiore importanza; così gli straterelli alternanti con quelli di quarzo sono formati per massima parte da questa mica bianca, in lamine e squame fascicolate o subparallele, di variissime dimensioni. Le si associa in quantità veramente ragguardevole il *granato*, che pure non è riconoscibile all'esame macroscopico: esso forma sciami numerosissimi di piccoli cristallini, ordinariamente meno di $\frac{15}{100}$ di mm. di diametro, più o meno nettamente rombododecaedrici, pieni zeppi di minutissime inclusioni, spesso visibilmente allineate secondo i tre assi di simmetria quaternaria dell'ospite.

Queste inclusioni, di forma irregolare, solo raramente allungate, in parte almeno sono sicuramente birifrangenti, ma la loro natura è per noi molto incerta. Gli epidoti pare manchino affatto; accessori sono: *ossidi di ferro*, almeno per gran parte riferibili ad *ilmenite*, e *rutile* in granuli e cumuletti; non del tutto infrequente è pure la *tormalina* bruno-verdastra.

Tutta la roccia ci sembra il prodotto di azioni metasomatiche molto energiche.

Fulgoriti vetrose bruno-verdastre si notano in gran copia alla superficie dei campioni raccolti sulla vetta.

Assai più raramente, anche tipi di roccia di composizione affatto diversa si possono osservare in sottili interstrati entro le forme gneissiche. Per citare un esempio caratteristico, nella parete terminale del circo della Sesia, proprio sotto il ghiacciajo delle Piode, si può osservare il gneiss ghiandolare più tipico alternare con strati di 3-4 m. di potenza formati parte da un micascisto nero verdastro, e parte da una roccia verde compatta.

Il micascisto, abbondantemente tormalinifero e granatifero, è molto ricco di *muscovite* traente al verdiccio; anche la *biotite* vi ha un colore verde-bruno che non si trova nelle forme normali; il feldspato, che in proporzioni varie si associa al *quarzo*, è *albite*, in plaghe limpide, non geminate; ben rappresentati gli *epidoti*, con nuclei ortitici frequentissimi. Scarsi ed accessori: *clorite*, *titanite*, *rutile*, *zirconio*, *apatite*, *ossidi di ferro*.

La roccia verde invece, col suo aspetto quasi massiccio, granulare minuto, compatto, col colore verde chiaro spruzzato quasi porfiricamente da punti oscuri visibilmente anfibolici, accenna chiaramente ad un tipo prasinitico. Il microscopio conferma tale riferimento, e la fa riconoscere come una vera prasinite anfibolico-epidotica, passante ad anfibolite. L'*anfibolo* costituisce infatti l'elemento prevalente: è di un verde vivace, con un tono decisamente azzurrognolo parallelamente a *c*, specialmente nelle parti più interne. Grossi individui sono sparsi irregolarmente entro una massa formata da piccoli prismetti anfibolici dello stesso aspetto e colore dei primi, e da granuli abbastanza larghi di un feldspato plagioclasico, raramente geminato, che si lascia con sicurezza riconoscere per *albite*; essa è limpida, ma con inclusioni abbondanti degli altri elementi della roccia. La quantità relativa di questi due elementi varia molto da un punto all'altro; e nella stessa sezione sottile parti di tipo prasinitico si trovano miste a parti quasi mancanti di feldspato, e quindi di tipo anfibolitico. Notevole importanza hanno pure gli *epidoti*, in cristallini, terminati da facce cristalline specialmente là dove stanno entro l'*albite*; prevalgono i termini a media e a bassa birifrazione. Tra gli accessori, solo la *titanite* è ben rappresentata; scarsissima una *mica* bruno-chiara in esili squame.

PARTE GEOLOGICA.

Tutte le formazioni principali che si succedono nell'area da noi studiata hanno andamento presso a poco costante: sono cioè, grossolanamente, dirette da S. O. a N. E. e vengono così a descrivere nel bacino della Sesia parecchie zone tra loro parallele, e circa normali all'andamento della valle principale. Queste zone, cominciando dal lago d'Orta, e salendo verso il M. Rosa, sono le seguenti:

- 1.º *Gneiss-Strona.*
- 2.º *Rocce eruttive pirossenico-anfiboliche.*
- 3.º *Gneiss-Sesia* (inclusi gli scisti di Rimella e Fobello).
- 4.º *Pietre verdi.*
- 5.º *Gneiss del M. Rosa.*

Per le ragioni che abbiamo sommariamente esposte al principio del nostro lavoro, l'apprezzamento dell'età cui appartengono le formazioni cristalline che interessano questa regione, rimane tuttavia molto vago. E siccome il darne la descrizione disponendole in scala geologica ascendente o discendente, come è consuetudine, costituirebbe già una affermazione in proposito al loro valore cronologico, affermazione che allo stato attuale delle nostre cognizioni reputiamo troppo ardita e prematura (ciò di cui per recenti notissimi esempi ci siam venuti sempre più persuadendo), crediamo conveniente attenerci allo stesso ordinamento adottato nella descrizione petrografica. Parleremo quindi successivamente delle cinque formazioni nell'ordine che abbiám tenuto più sopra nell'elencarle; e da ultimo, dopo avere terminata l'esposizione dei fatti raccolti, tenteremo di riassumere a larghi tratti, in breve conclusione, il motivo tettonico della regione quale a noi è apparso, e le opinioni nostre circa il valore cronologico delle varie formazioni.

I. - Gneiss Strona.

Il gneiss-Strona risulta da un complesso di formazioni scistose, petrograficamente assai diverse, ma geologicamente formanti un solo tutto, le quali, nel loro insieme, occupano la porzione S. E. della nostra regione, abbracciando tutta intera la zona che il Parona riferisce al gneiss della Strona, e parte di quella da lui riferita, crediamo impropriamente, al gneiss-Sesia; vale a dire quella lunga e stretta fascia, caratterizzata dall'abbondanza dei banchi calcari, che precede immediatamente verso S. E. la grande zona delle rocce eruttive basiche.

La formazione si stende in una fascia diretta da S. S. O. a N. N. E., limitata in basso dalla potente massa granitica che attraversa la Valsesia inferiore, e, per quanto riguarda la nostra regione, dalla sponda sinistra del lago d'Orta; mentre a N. O. il suo limite, quasi rettilineo, è formato dalla zona di rocce eruttive che attraversa più sopra la Valsesia, mantenendo la stessa direzione. Continuando poi verso N. N. E., il gneiss Strona attraversa la valle dell'Ossola, dove fu studiato e descritto dal Traverso sotto il nome di gneiss biotitico ferruginoso.

Fra le molte varietà litologiche che appajono in questa formazione, il carattere generale e più saliente è la costante presenza, spesso anzi il predominio, della mica bruna. È questo carattere diagnostico quello che, oltre ai molti altri rivelati dallo studio petrografico, più agevolmente vale a distinguere questa formazione da quella del gneiss-Sesia.

Lo studio petrografico e l'esame delle rocce in posto permette di dividere la formazione intiera in zone caratterizzate dalla natura litologica delle rocce che le costituiscono; zone le quali però, se mantengono uniformità di andamento, in senso trasversale sfumano l'una nell'altra per passaggi insensibili.

L'andamento stratigrafico è sempre nettamente visibile nella parte S. E. dell'area occupata da questa formazione; e nel tratto che corre fra Omegna e Cesara, e fra il lago d'Orta e il crinale divisorio colla valle del Nono, numerose misure diedero per risultato una direzione costante da S. S. O. a N. N. E. con una inclinazione pure costante verso E. S. E. oscillante fra 45° e 60°. La pendenza diventa invece assai meno evidente quanto più ci avviciniamo alla zona delle rocce eruttive, mascherata dalle contorsioni del micascisto, e dall'abbondanza dei banchi e delle lenti calcari che vi sono comprese. Malgrado le più accurate ricerche, poche misure soltanto ci fu dato eseguire con sicurezza, e queste, pur mostrando che la direzione, resa più evidente dall'allineamento dei banchi calcari, si mantiene immutata, accennano per la parte più occidentale ad una inclinazione opposta, vale a dire verso O. N. O.; le parti intermedie sembrano spesso erette verticalmente. Ci crediamo perciò autorizzati, d'accordo in questo col Parona, a supporre che la formazione intera sia curvata in ampio anticlinale, il cui asse sarebbe tracciato presso a poco da una linea che unisce Chesio in Val Strona, con Camasco. Avvalora tale ipotesi la mancanza di forme litologiche identiche o analoghe oltre la zona delle rocce eruttive; poichè come si rileva dal loro studio petrografico e dai rapporti tectonici con le rocce adiacenti, le rocce granatifere di Fobello, come i micascisti granatiferi che affiorano presso il Colle d'Olen, e nelle alte valli Sorba, Gronda, Artogna e Vogna, non hanno con quelle spettanti al gneiss-Strona alcuna relazione, e vanno ascritte a tutt'altro orizzonte.

Principale forse fra i risultati ai quali siamo stati condotti dallo studio geologico e petrografico del gneiss-Strona, è l'unità di questa formazione scistosa. Tuttavia abbiamo creduto di dover distinguere sulla carta la parte più orientale e più profonda, data essenzialmente dalla zona dove si trova sviluppato il micascisto a sillimanite con le rocce ad esso alternanti, dalla zona più occidentale, evidentemente sovrapposta alla prima, con andamento sempre chiaro, e rappresentata petrograficamente in modo speciale da forme gneissiche varie, senza banchi calcari.

Questa divisione potrebbe parere equivalente a quella introdotta dal Parona, il quale appunto distinse in quest'area una parte orientale cui volle conservato il nome di gneiss-Strona, e una occidentale, micascistoso-calcare, che ritenne equivalente al gneiss-Sesia. Lo studio petrografico dimostra al contrario quanto siano profonde le differenze tra i micascisti, i gneiss e i calcifiri della bassa Valsesia e della Valstrona e le forme del vero gneiss-Sesia,

secondo il significato che noi, d'accordo col Gerlach, diamo a questa denominazione. Ci riserviamo di trattare diffusamente questo argomento quando avremo parlato del gneiss-Sesia e ne avremo esposte le condizioni tectoniche e le particolarità petrografiche.

Un'ultima osservazione generale dobbiamo fare su questa formazione: riguardo cioè al suo confine occidentale verso le rocce massicce basiche, confine che nella nostra carta è per gran tratto segnato molto più ad Ovest di quello che non sia nelle carte precedenti. Infatti, nella carta del Gerlach il confine tra le due formazioni, a N. di Varallo, passa ad Oriente di Cervarolo, includendo nella roccia eruttiva, oltre a questo paese, tutta la valle della Bagnola, fino al crinale con la valle del Nono, e in Val Strona passa molto a valle di Sambughetto, facendo parere inclusi nella roccia eruttiva i calcari di quest'ultima località. Il Parona corresse, ma troppo lievemente, il confine in Valle Strona, e rispettò il tracciato del Gerlach verso Sud. Lo Schäfer poi conservando, in massima, il tracciato del Gerlach, sulla cui carta si può dire aver egli per gran parte ricalcata la sua, aggrava l'errore, commettendone un altro inesplicabile in senso inverso: collocando cioè non solo Varallo, ma tutto il santuario e l'imbocco della Val Mastallone nello strona-Gneiss: se egli fosse salito una sola volta al Sacro Monte, avrebbe visto la diorite micacea affiorare lungo la strada, sulla piazza della Chiesa, e sul piazzale esterno davanti la porta d'ingresso. Comunque, chi percorra il facile crinale tra la Valle Bagnola e la Val Sabbiola, fino alla Forcolaccia, si persuade agevolmente che per la massima parte questa è ancora formata da forme micascistoso-gneissiche, meno rari punti dove, nelle selle più incise, è messa a nudo per brevissimo tratto la roccia dioritica.

A. — Zona occidentale.

1. *Micascisto a sillimanite e gneiss granulare biotitico*. — Queste due facies del gneiss-Strona formano una fascia la quale, con direzione concordante con quella della formazione, corre lungo il limite S. E. della grande zona di rocce eruttive.

Il micascisto a sillimanite è forse il tipo litologico più caratteristico fra quelli che rappresentano la formazione. Ha struttura molto marcatamente scistosa, quasi fogliacea o pellicolare, e una tinta scura, bruno-violacea a riflessi vellutati, dovuta all'abbondanza della biotite in larghe membrane ondulate. Nella sua forma più tipica si può osservare fra Varallo e Locarno, tra Varallo e Civiasco, nelle valli della Crosa e del Nono fino a Camasco e oltre, come fra Loreglia e Grampi sotto Forno, in Val Strona, dove la strada che corre lungo il fondo della valle traversa normalmente per tutta la sua potenza questa formazione scistosa.

Altrettanto ricco in biotite, ma con struttura granulare ad elementi più minuti, non di rado zonato, è il gneiss granulare biotitico. Vi è, come sappiamo, scarsa la sillimanite, ma le diversità ch'esso presenta col precedente sono piuttosto qualitative che sostanziali, ed ambedue le forme devono essere considerate dal punto di vista geologico, come rappresentanti un unico piano: hanno entrambe carattere di *para-scisti* ed entrambe forse, oltre che al metamorfismo regionale devono in parte la loro attuale composizione e struttura ad una non energica ma larga azione del metamorfismo di contatto.

Questa zona micascistoso-gneissica continua collo stesso andamento oltre i limiti della nostra regione, e traversando la valle della Toce si spinge fino alla Val Cannobina, e alla riva occidentale del Lago Maggiore. La descrizione datane dal Traverso nella sua

Geologia dell'Ossola collima abbastanza esattamente coi caratteri sopra descritti: solo le varietà litologiche, specie delle rocce accessorie di cui diremo tra poco, ci sembrano alquanto meno numerose e diverse di quel che esse siano nella nostra regione.

Abbiamo già detto come in questa zona prevalentemente micascistosa gli andamenti siano sempre poco chiari e malsicuri; qualche accenno ad una inclinazione verso N. O. si ha nei dintorni di Varallo, verso Parone, e in val della Duggia; gli strati sembrano dunque cacciarsi sotto la massa eruttiva. Più chiara alquanto è la tectonica in Val Strona; nel tratto compreso tra Grampi, sotto Forno, e Chesio si hanno andamenti oscillanti per direzione da N. 10° E. a N. 40° E., con pendenza costante verso O. N. O. Fra Loreglia e Germagno comincia già ad essere molto evidente la pendenza in senso opposto, vale a dire verso S. E. Del resto un parziale ribaltamento può avere spostato a valle apparentemente l'asse dell'anticlinale, che dovrebbe forse passare per le più potenti masse calcari di Civiasco e Massiola; ma basta percorrere una sol volta la via che da Varallo conduce a Civiasco, sotto le rupi scoscese della Falconera, per convincersi che, fra le inestricabili contorsioni degli strati scistosi i quali, per la vicinanza della massa eruttiva, furono eretti quasi alla verticale, piegati e arricciati insieme ai banchi calcari che li accompagnano, interrotti da piccoli salti e scorrimenti, ogni determinazione di andamento non può che riuscire assai malsicura.

2. *Calcifiri*. — Il carattere più saliente di questa parte del gneiss-Strona consiste nell'abbondanza di fasci calcari allineati nel senso della formazione che li comprende. Essi sono per la massima parte compresi nel micascisto e nel gneiss granulare biotitico, e vanno facendosi sempre più scarsi, fin a scomparire del tutto verso S. E. Il limite superiore (occidentale) delle masse granitiche della Colma e di Quarna segna quello orientale delle masse di calcifiro.

I due fasci più potenti di banchi calcari sono: quello che è attraversato quasi normalmente dalla Sesia tra Rocca e Varallo, e quello che, circa con egual direzione, è tagliato dalla Valle Strona, tra Sambughetto e Strona; in alcune di queste località, la roccia calcarea è, per massa, di gran lunga prevalente sullo scisto che la comprende.

La variabilità di composizione di queste rocce è veramente notevole, e nella parte petrografica ne abbiamo trattato diffusamente, facendo quasi un elenco delle principali località in cui si osservano; anche nello stesso banco la composizione mineralogica e l'aspetto variano spesso molto notevolmente da strato a strato, e alla salbanda verso il micascisto si trovano sviluppate non di rado rocce singolari, povere di calcite, e ricche di pirosseni, anfibioli, epidoti, titanite, ecc. La struttura è sempre saccaroide; la quantità di elementi silicati accessori è piuttosto ragguardevole, e talora veramente assai grande; la frequenza del pirosseno e, relativamente, anche della wernerite, è un fenomeno veramente degno di nota e tale da confortare l'opinione di chi vedesse in queste rocce non solo il prodotto del metamorfismo regionale, ma pur anche, insieme, quello del metamorfismo di contatto, la cui azione non è improprio invocare per una zona non molto larga, confinante con una potente massa di rocce eruttive basiche, le quali probabilmente la penetrarono a vari livelli con numerosi filoni-strati, e tutta traversata da copiosi e spesso potenti filoni di graniti e pegmatiti, i quali sono particolarmente numerosi e potenti appunto in vicinanza alle maggiori masse calcari.

La grana di questi calcari è più spesso media, e quando l'alterazione chimica non è molto marcata, possono essi servire come eccellente materiale da costruzione; nei dintorni di Varallo se ne estrae a tale scopo; più anticamente si usavano molte di tali rocce come

materiale da calce, come attestano le numerose fornaci, che servono spesso volte di guida alla ricerca dei banchi calcari. Tipi veramente marmorei sono più rari; ma se ne trovano dei rosei sopra Locarno, i quali tempo addietro erano scavati per ciò. Quelli a grana grossa sono più rari: ma dei più distinti e più noti è quello olivinico che si ritraeva in due cave alle pendici meridionali del Sacro Monte; roccia che già ebbe ad attirare l'attenzione del Napion, e venne poi, come sappiamo, ristudiata dal Cossa.

Più rara è una tessitura affatto minuta e compatta; questa è connessa d'ordinario ad un colore decisamente grigiastro, più scuro che per consueto, e zonato a mo' di bardiglio. Il microscopio rivela in questi calcari, dei quali notammo bellissimi esempi tra Varallo e Civiasco, e in qualche località della Val Strona, il prodotto dell'azione di un metamorfismo dinamico sufficiente a frantumare per la massima parte i granuli di calcite come degli elementi silicati, formandone come una pasta minuta, nella quale si trovano ancora frammenti più o meno grossi, irregolari, quasi ghiandolette, formati dagli avanzi delle parti più resistenti. In altri casi si ha solo un passaggio a tale struttura, con formazione di una tessitura pseudo-porfirica (*mörtelstruktur*), riconoscibile anche ad occhio nudo.

Abbiamo registrato a bella posta tali fenomeni con qualche particolare in quanto che nella massima parte delle rocce costituenti il gneiss-Strona, e specialmente questo suo orizzonte inferiore, i fenomeni di cataclasi sono scarsi, e non si può mai parlare di una vera laminazione: il carattere di para-scisti è, di consueto, perfettamente conservato.

3. *Anfiboliti, granuliti pirosseniche, gneiss dioritici, gneiss pirossenico-anfibolici.* — Alternanti e regolarmente interstratificati col micascisto si osservano pure, come sappiamo dalla descrizione petrografica, numerosi e svariati banchi di rocce silicate basiche, specialmente anfiboliche o pirosseniche, di aspetto e potenza assai vari. Il tipo più diffuso è quello di un'anfibolite feldspatica, grigio-scura fino a nerastra, zonata, che qua e là è più massiccia, e si arricchisce di pirosseno accessorio, o di biotite, passando al gneiss dioritico. Le forme più ricche di pirosseno, o vere granuliti pirosseniche, sono meno diffuse, e come i gneiss-pirossenico-anfibolici, in masse di minore importanza: esse sembrano prevalere nella parte più occidentale, presso al limite delle rocce eruttive, con alcuni termini delle quali hanno una notevolissima analogia di composizione.

Invece le anfiboliti e i gneiss dioritici si trovano anche in banchi di considerevole sviluppo e di maggiore frequenza. Nella Valle del Nono, presso al Pozzale, e più in su sotto Camasco, nella Val Bagnola sotto al Molinaccio, come in parecchi punti della Val Strona, specie tra Fontane e Grampi, se ne osservano masse veramente grandi; ma i piccoli banchi e straterelli sono così frequenti che abbiamo dovuto rinunciare a segnarli sulla carta, fosse pure in modo schematico come i calcifiri.

Anche per questi termini più ricchi di anfibolo si osserva una grande analogia di composizione con le rocce eruttive dioritiche, anzi, nei termini più massicci, perfino della analogia di struttura: certi nuclei di augite con orneblenda concresciuta periferica, visti nella sezione, fanno pensare assai più a una diorite che a uno scisto cristallino.

Noi non siamo alieni dal pensare che l'origine di tutti questi banchi e strati di rocce basiche vada ascritta ad apofisi della massa eruttiva, che in forma di filoni-strati avrebbero iniettato fino a una certa distanza gli strati scistosi. E in questa opinione ci conferma l'osservare che là dove la zona eruttiva è più assottigliata, come sotto Carcoforo, sopra Rimella, e nell'Ossola in varie località, essa ha perduto quasi completamente l'originario suo carattere massiccio e si presenta sotto forma di banchi e fasci di strati di roccia anfibolitica, in apparenza regolarmente interstratificati con gli scisti incassanti.

B. — Zona orientale.

Gneiss a due miche. Gneiss pellicolari a microclino. Gneiss minuti biotitici. Gneiss ghiandolari anfibolici. — Queste diverse forme del gneiss-Strona, che petrograficamente abbiamo tenute distinte, non possono, dal punto di vista geologico, essere considerate altrimenti che come facies locali di una formazione unica, della quale, malgrado la notevole varietà di composizione, mantengono per la massima parte il carattere generale e il costante andamento.

Non vogliamo ripetere qui nè la descrizione macroscopica di queste varie forme scistose nè l'indicazione delle singole località dove esse si presentano: lo abbiamo già fatto, in modo abbastanza particolareggiato, nella descrizione petrografica. Ci limiteremo a ripetere che mentre il micascisto a sillimanite e le forme ad esso concomitanti occupano la zona occidentale del gneiss-Strona, il complesso di queste forme gneissiche ne occupa la orientale. Il grande massiccio granitico della Colma ne impedisce il regolare sviluppo, limitandolo alla sola porzione N. E.

Le forme principali, il gneiss minuto biotitico e il pellicolare a microclino, non sono poi sostanzialmente molto diverse da quelle della zona occidentale, e in Val Strona si possono osservare i più completi e graduali passaggi dal vero pellicolare, sempre *flaserig*, ricco di biotite, al micascisto più tipico. Alla sua volta, tra il pellicolare e il minuto biotitico si hanno sfumature insensibili, e quest'ultimo, salvo la sillimanite e il granato, che gli mancano, ha una composizione poco diversa da quella di parecchi scisti della fascia ovest. Questi gneiss minuti, sempre ricchissimi di biotite, qua e là passanti a micascisti, hanno la tipica struttura dei para-gneiss: anzi non solo taluni di essi presentano tracce di struttura di *hornfels*, ma ne hanno un poco l'abito esterno macroscopico; così che nelle forme di contatto col granito è difficile sceverare quello che del metamorfismo di contatto può essere effetto esclusivo da quel che può essere nient'altro che avanzo della struttura normale. Anche nella regione ossolana si trovano molto sviluppati ad oriente del micascisto dei tipi affatto identici a questi nostri: ne abbiamo raccolti numerosi campioni particolarmente nella bassa Val Cannobina.

L'alternanza poi di queste forme biotitiche con altre più basiche, come anfiboliti, ecc. aumenta l'analogia colla zona micascistosa. Soltanto qui le forme pirosseniche sono eccezionali, e abbondanti le anfiboliche, particolarmente certe anfiboliti molto scure, a grana minuta, scistose, con anfibolo verde anzichè con orneblenda bruna. Notevole per l'aspetto e la composizione il ghiandolare anfibolico, sempre porfiroide, e talora, sulla riva sinistra del lago, rappresentato da vere forme di serizzo, con enormi cristalli di microclino. A differenza dalle forme biotitiche, questo ha tutto l'aspetto, la composizione e la microstruttura di un orto-gneiss; la sua origine è cioè assai probabilmente diversa da quella dei minuti biotitici nei quali è intercalato.

Qui dobbiamo citare anche due masse serpentinose, delle quali una sta entro questa zona, e l'altra per vero dire sta invece entro la fascia micascistosa; ma identiche per aspetto, struttura e composizione, nuova prova della pertinenza delle due facies ad un'unica formazione. La prima è la serpentina di Oira, sul lago d'Orta, già indicata nella carta del Gerlach, poi studiata dal Parona, e poi anche petrograficamente determinata, crediamo non correttamente, dal Sansoni come serpentina pirossenica: dal nostro studio risulta trat-

tarsi di uno scisto olivinico-anfibolico, più o meno serpentiniizzato, con clorite accessoria. Essa forma un banco della potenza di poco più che una decina di metri, intercalato nei gneiss minuti e nelle forme anfiboliche ad essi alternanti, che può essere seguito per circa 200 metri, interrottamente, e nel quale sono aperte tre cave, una sopra l'altra, destinate all'estrazione di blocchi che vengono poi lavorati al tornio e ridotti in tubi. La sua direzione, N. 30° E. è perfettamente concordante, come la inclinazione, con quella degli strati incassanti.

L'altra roccia analoga fu trovata da noi nella bassa Val Strona, sotto Chesio, entro il micascisto sillimanitico, come una piccola lente, alquanto meno estesa e potente, per quanto si possa giudicare dall'affioramento, che non quella di Oira: a questa essa somiglia moltissimo per l'aspetto esterno, ma è assai più fresca e quasi inalterata, tanto che il nome di serpentina non le si addice che *in fieri*, e noi nello studio petrografico l'abbiamo dovuta chiamare, più correttamente, scisto olivinico-anfibolico.

Molto probabilmente i rapporti delle due masse con le rocce scistose che le comprendono sono gli stessi che con queste hanno le altre rocce basiche, anfiboliti, gneiss dioritici, granuliti pirosseniche, ecc.; e come queste rappresentano in qualche modo le dioriti, le noriti ed i gabbri, esse stanno a rappresentare tra gli scisti il magna peridotitico.

Una differenza notevole tra la zona occidentale e la orientale è invece la mancanza totale in quest'ultima di ogni traccia di quei banchi o strati calcari che nell'altra sono così diffusi e potenti.

Nelle carte geologiche del Gerlach e del Parona figura anche un'altra piccola massa serpentinoso, e precisamente presso Cilimo, nella valletta del Pascone. Si trovano infatti in questa località massi isolati di una serpentina con vene di calcare, passante ad oficalce, facilmente lavorabile, nota generalmente sotto il nome di *Verde di Varallo*. Ma un minuzioso e ripetuto esame sul posto ci ha convinti trattarsi unicamente di massi erratici, dipendenti dallo sfacelo della grandiosa morena che occupa ambi i fianchi della valle, ma è specialmente sviluppata sul destro, verso Civiasco.

Il Parona (32) osserva che "un masso colossale giacente sul fondo della valle potrebbe far credere che si tratti di un erratico; ma un esame accurato dimostra che esso dipende dagli strati che più in su si vedono affiorare in direzione di Civiasco, compresi nella stessa zona gneissico-calcare „.

Ora, per quanto abbiamo potuto osservare, in nessun punto dove affiori la roccia in posto si tratta di serpentina o roccia analoga: bensì di gneiss biotitici, micascisti e calcifiri, cioè dei soliti tipi litologici del gneiss-Strona. Anche nelle immediate vicinanze dei più grossi massi, alla segheria, e poco più sotto, è facile convincersi che la roccia affiorante qua e là dal lieve ammantamento morenico non ha nulla a che vedere colla serpentina.

Questa poi non esiste solo sul fondo della valle; ma nella morena tipica presso Civiasco se ne osservano ciottoloni caratteristici; e soprattutto massi enormi se ne trovano sul fianco sinistro della valle, lungo il sentiero che sale al M. Briasco; nè qui si può supporre rotolamento o franamento dall'alto, poi che a monte degli stessi non c'è più il gneiss-Strona, ma il granito, che continua esclusivo e uniforme fino e oltre la cima. In tutti questi luoghi, oltre ai massi di serpentina se ne trovano altri, numerosi ed egualmente grandi, costituiti da rocce prasinitiche, specie ovarditiche, da gneiss muscovitici e clori-

(32) Op. cit., pag. 38.

tici, con anfibolo verde chiaro, e altre rocce affini, tutte perfettamente caratteristiche dell'orizzonte delle Pietre Verdi, e in parte anche del gneiss-Sesia; ma per le quali un riferimento al gneiss-Strona non potrebbe essere supposto neppure un momento.

Le nostre osservazioni ci portano quindi a concludere che si tratta esclusivamente di massi erratici, provenienti assai probabilmente dalla parte più occidentale della regione da noi studiata.

L'andamento stratigrafico in questa zona del gneiss-Stronà è così costante e così evidente che, senza ripetere le numerose misure che abbiamo potuto eseguire e le molte osservazioni di dettaglio che vi si riferiscono, possiamo dire che la direzione oscilla di pochi gradi intorno a N. 25° E., mentre la pendenza, sempre verso S. E., varia da 40° a 70°; in generale, gli strati vanno gradatamente erigendosi quanto più ci allontaniamo dal lago d'Orta, in direzione di N. O. Eguale andamento presentano i gneiss-micascisti dalla sponda opposta del lago.

C. — Graniti.

Come appendice al gneiss-Strona abbiamo descritto nella parte petrografica le rocce granitiche massicce che gli vengono a contatto e i filoni che in gran numero vi si trovano injettati; seguiremo qui lo stesso ordine.

1. *Granititi massicce.* — Intorno alle masse granitiche della bassa Valsesia ci dispensano dall'entrare in minuti particolari le ricerche delle quali furono già oggetto, nella loro natura petrografica e nei loro rapporti con le formazioni adjacenti, da parte degli osservatori che ci hanno preceduto in questa regione, e specialmente dello Strüver. Ci limiteremo quindi, come abbiamo fatto nella parte petrografica del nostro lavoro, ad una sommaria descrizione, riservandoci di parlare con qualche maggior particolare delle rocce filoniane, che consideriamo come propaggini di queste masse intrusive.

Partendo da Isolella, il limite fra il granito e le formazioni scistose che lo seguono a N. O. ed a N. è segnato all'incirca da una linea che dai fianchi dal Monte Tovo tra Isolella ed Agnola, attraversando obliquamente la Sesia, viene alle Coste della Suggia, passa poco sopra Rocca, quindi dopo avere seguita fin circa alla sua origine la Valle del Pascone, ad una piccola altezza sul fianco sinistro, volge bruscamente ad Est, descrive una piccola rientranza col vertice rivolto a Sud, e piegando poi a N. E. va a terminare circa mezzo Km. a Sud di Ronco sul lago d'Orta.

La grande massa granitica della Valsesia inferiore presenta in tutta la sua estensione una notevole uniformità di aspetto macroscopico e di composizione mineralogica: nella sua facies normale è una granitite biotitica, a grana media o grossa, attraversata da filoni grossi di granito a grana minuta, il quale nel suo complesso dà l'impressione di una tinta grigia leggermente più scura. Vi si notano pure vene bianche feldspatiche con tormalina nera al centro, ed anche delle venuzze di pegmatite muscovitica, per lo più molto esili; le une e le altre crediamo dovute ad azioni pneumatolitiche anzichè ad iniezione.

Caratteristica è l'alterazione alla quale va soggetto il granito, e che lo trasforma superficialmente in una massa incoerente, facilmente disgregabile sotto qualunque lievissima azione meccanica. Il procedere della alterazione superficiale determina così una abbondante produzione di sabbia granitica; il cammino della Colma e quello che sale da Roccapietra al Monte Brianco sono molto espressivi a questo proposito.

La granitite a grana media o grossa contiene spesso piccoli granuli di pirrotite, i quali con la loro ossidazione determinano la formazione di macchie ocracee, che tolgono alla roccia gran parte del suo valore come materiale da costruzione; nel granito a grana fina invece, per quanto abbiamo potuto constatare, non si verifica alcun inconveniente di questa natura.

Il limite dell'ammasso granitico è, in genere, più netto nella valle principale della Sesia, in quella del Pascone e sulla riva del Lago d'Orta, che non là dove il granito viene a contatto coi gneiss a due miche e coi pellicolari a microclino, perchè quivi il limite è spesso reso meno evidente da alcune forme periferiche a struttura parallela dello stesso granito, e dalla presenza di certe facies alquanto massicce delle rocce gneissiche che lo comprendono, le quali, anche nel loro tipo normale, gli si avvicinano assai più del mica-scisto a sillimanite e dei gneiss minuti biotitici.

Crediamo inutile risollevar la questione relativa all'origine del granito già tante volte discussa, e riassunta, per quanto riguarda le masse granitiche della bassa Valsesia, in quella memoria dello Strüver che abbiamo già ripetutamente citata. Osserviamo soltanto che se l'ipotesi della eruttività del granito avesse bisogno di riconferma, potremmo portare la più decisiva e la più brillante delle prove, che consiste nei fenomeni di metamorfismo subiti dalle formazioni scistose al contatto col granito; di tali fenomeni tratteremo partecolareggiatamente in un capitolo successivo.

Riguardo all'età di queste masse granitiche, è certo che ancora oggi mancano dati sicuri per determinarla; positivo è soltanto che il granito della Valsesia, come quello del Motterone, è posteriore non solo alle masse gneissiche e micascistose che gli stanno ad occidente, ma anche a quelle più recenti che gli stanno ad oriente, perchè sulle une e le altre produsse fenomeni dovuti al metamorfismo di contatto. Il non essersi ritrovati, finora, ciottoli di granito nel conglomerato liasico di Gozzano (33), non costituisce tuttavia che una prova negativa cui, come a tutte quelle del genere, non può esser dato che un valore affatto relativo.

Un'altra massa granitica importante, benchè assai più limitata dalla precedente, interessa la nostra regione: quella di Quarna, la quale scende da una parte verso Val Strona, senza però raggiungere il fondo della valle, mentre dall'altra si spinge entro la Valle della Bagnella. Anche da questa minor massa di granitite sembrano irradiare numerose in tutti i sensi le propaggini filoniformi, che si trovano iniettate nelle masse gneissiche circostanti.

2. *Graniti filoniani*. — Oltre ai due ammassi di granitite testè rammentati, il granito è largamente rappresentato sotto forma di filoni, più o meno potenti, che in parte traversano le granititi stesse, dalle quali son sempre nettamente distinti, e in parte attraversano, come già dissimo, il mica-scisto a sillimanite con le varie forme che lo accompagnano, i gneiss a due miche e i pellicolari a microclino. È notevole che mentre essi arrivano anche a notevole distanza dalle due masse granitiche sopra descritte, sembrano mancare nei gneiss minuti biotitici e negli anfibolici, benchè questi non siano molto lontani, anzi qualche volta prossimi alle due grandi masse intrusive.

Il granito di questi filoni è nella maggior parte dei casi, come sappiamo, un granito minuto a due miche, e differisce pertanto da quello delle masse principali, oltre che per

(33) PARONA, citato da W. SALOMON. *Ueber die adriatischen granitischkörnigen Massen*. — Heidelberg, 1897, pag. 172.

la grana più fina, per la presenza della mica bianca. Questa qualche volta diviene anzi decisamente predominante, e si passa così a tipi pegmatitici, con grana molto varia, talora enorme, e ricchi di minerali accessori tra cui prevalgono la tormalina ed il granato. Son degni di nota per la potenza e le colossali dimensioni degli elementi quello tra il Pozzale e Camasco, e quello della media Val Strona, fra Strona e Chesio, dei quali parlammo già a suo luogo.

Più raro è che le miche scarseggino, e si abbiano tipi di passaggio alle apliti; queste rocce, delle quali si osserva qualche vena sulla destra di Sesia, tra Crevola, Parona e Locarno, crediamo siano quelle cui Gerlach e Parona diedero il nome di *euriti*.

In genere però si nota che le più potenti masse filoniane sono quelle la cui struttura e il cui aspetto complessivo differiscono meno da quello delle granititi massicce: abbiamo anzi, come fu detto nella parte petrografica, rappresentate fra i filoni anche delle vere granititi biotitiche a grana fina. Parlammo anche dei filoni a struttura variabile, e a composizione varia, per liquazione del magma: di tali filoni, in cui parti scure ricche di biotite sono alternanti e capricciosamente mescolate a parti chiarissime povere di miche, può essere esempio, come sappiamo, il grosso filone della Rabbiosa, messo a giorno assai bene da una frana recente.

Questi filoni di granito e di pegmatite corrispondono a quelli che per la regione dell'Ossola il Traverso, seguendo la nomenclatura francese, ha descritto col nome di *granuliti*. Secondo tale autore, questi dicchi e filoni di *granulite*, per lo più concordanti con la stratificazione del *gneiss*, sono affatto eccezionali nel *gneiss granitoide*; scarsi nel *biotitico*, e soltanto alla base della formazione; frequentissimi invece nel livello del *gneiss-scistoso*. Noi dobbiamo notare che, al contrario, nella Valle della Sesia tali filoni, discordanti, sono comunissimi nel *gneiss-Strona*, e mancano assolutamente, o non sono riconoscibili come tali, in quelle rocce il cui complesso forma il nostro *gneiss-Sesia*. In questo fatto crediamo trovare una prova di più ad una opinione che esporremo e giustificheremo in seguito: e cioè che se il *gneiss-Strona* della regione da noi presa in esame corrisponde, ed anzi è la semplice continuazione del *gneiss biotitico-ferruginoso* dell'Ossola, e se gli stessi rapporti esistono tra esso e la zona eruttiva basica dell'una e dell'altra regione, a parte le differenze litologiche nei particolari, invece il nostro *gneiss-Sesia* non corrisponde affatto alle forme scistose e *gneissiche* che il Traverso ha riunito sotto il nome di *gneiss scistoso*. Del resto non ci saremmo occupati di un tale raffronto se l'egregio Autore della geologia dell'Ossola, per inquadrare la sua carta, non avesse colorito anche gran parte della nostra regione, segnando appunto come *gneiss scistoso* tutta la formazione che, secondo il Gerlach, il Parona e noi, appartiene al *gneiss-Sesia*, insieme a quella che da noi è ascritta a un'altra formazione, il *gneiss del Monte Rosa*.

D. — Contatto del Gneiss-Strona

con le rocce eruttive granitiche e dioritiche.

Come sappiamo, questa formazione viene a contatto da una parte con gli ammassi granitici della Colma e di Quarna, e dall'altra con la zona delle rocce eruttive pirossenico-anfiboliche, le quali ne segnano il limite verso N. O. Esaminiamo succintamente i fenomeni prodotti nelle rocce scistose all'uno e all'altro contatto.

1. *Contatto colla granitite*. — Lo studio di questo contatto ha servito a persuaderci e a confermare una volta di più un fatto ormai acquisito in petrografia: vale a dire che le modificazioni subite dalle rocce cristalline scistose per il contatto con le masse eruttive non sono nè costanti, nè uniformi nelle loro manifestazioni, e chiaramente dipendono piuttosto dalla natura della roccia scistosa anzichè da quella della massa eruttiva; così che mentre in alcuni punti dell'area a questa adjacente si trovano i fenomeni più sicuri e caratteristici, altrove pare che questi manchino affatto, o si riducano a modificazioni strutturali difficili a constatarsi, e soprattutto difficilmente riferibili con sicurezza al metamorfismo di contatto.

Nella nostra regione, la località dove tali fenomeni sono più sicuri e diffusi è certamente la Val Pellino, dove, presso al contatto, tra Pella e Cesara, si possono raccogliere gneiss di contatto a cordierite ed andalusite, con la struttura più caratteristica; questi gneiss, che noi pure abbiamo trovato e descritto, furono già accennati dal Sansoni; ma la loro importanza come forme di contatto fu messa in chiaro recentemente dal Salomon (34). Forme meno caratteristiche, ma contenenti andalusite, e accennanti chiaramente a struttura di *hornfels* si trovano però anche più in basso verso N. E. sulla riva del lago d'Orta; la distinzione tra forme normali e di contatto è qui meno agevole, poi che, come sappiamo, tutta la massa dei gneiss minuti biotitici ha aspetto e struttura hornfelsitica, nè d'altra parte si può negare con certezza che tale struttura, sia dovuta ad un lieve metamorfismo di contatto esercitato a distanza dal granito.

Anche sulla riva destra del lago, a contatto quasi prossimo con la massa granitica del Motterone, abbiamo trovato forme analoghe; per esempio sotto Agrano, dei micascisti con andalusite, a struttura di contatto chiaramente espressa.

Il contatto coi gneiss granulari biotitici e col micascisto, se è sempre netto e ben riconoscibile, è invece meno chiaramente distinto dalla produzione di fenomeni di contatto.

Parlando della granitite di Roccapietra, e del granito a grana minuta della stessa località, abbiamo lungamente parlato delle varie ipotesi che si possono fare in proposito; ma, nonostante la prudenza che abbiamo creduta necessaria nel giudicare, siamo stati tratti a credere probabile trattarsi di masse gneissiche metamorfosate dal granito. Certamente qui non c'è produzione di minerali di contatto caratteristici; ma la ricristallizzazione degli elementi è evidentissima, a nostro credere.

Dello stesso tipo è infatti anche il gneiss granulare biotitico che viene a contatto della massa granitica fra Roccapietra e Quarona, in quel dolce rilievo allungato che porta il nome di Coste della Suggia. Il gneiss costituisce la base del dosso, e poche decine di metri più in su affiora il granito, dal quale si dipartono, penetrando nel gneiss, propaggini e filoni. La roccia scistosa al contatto manca anche qui di ogni minerale proprio di queste formazioni: però noi ascriviamo al metamorfismo di contatto la struttura di implicazione micropoichilitica tra quarzo e feldspato, che raggiunge qui un grado di perfezione veramente notevole, e non si trova che in tracce nei gneiss granulari lontani dal contatto.

E non saremmo lontani dal considerare pure come forme di contatto quei gneiss a biotite e muscovite, che appunto abbiamo chiamato *gneiss a due niche*, i quali, a differenza dalle altre forme del gneiss-Strona, occupanti ciascuna una determinata zona, si presentano sviluppati esclusivamente alla periferia delle masse granitiche. Ne abbiamo

(34) *Ueber alter*, etc., pag. 161.

osservato bellissimi esempi tra Arola e Cesara, presso il granito della Colma, e sopra e sotto Quarna, presso il contatto con quest'altra massa granitica. La differenza di queste rocce dalle altre della formazione consiste particolarmente nella grande abbondanza della muscovite, nella frequenza e perfezione degli accrescimenti micropoichilitici tra quarzo e muscovite, e nella struttura pavimentosa degli individui quarzosi e feldspatici. Quantunque sia difficile dimostrarlo, noi saremmo portati a ritenere la muscovite almeno in parte una neoformazione prodotta forse da azioni pneumatolitiche.

Non meno interessanti, sebbene con sfera d'azione limitata, anzi perfettamente caratteristici, sono talora i fenomeni dovuti al contatto del gneiss con alcuni dei più potenti filoni di granito che con tanta frequenza lo traversano. L'esempio più appariscente che ci fu dato riscontrare, si osserva nella bassa Val Strona, presso la Canava del Vescovo. A contatto con un filone della potenza di circa 5 metri di un granito minuto a due miche, il gneiss pellicolare che lo incassa si mostra ricco di cordierite, che manca nella roccia normale; di più si osservano quasi tutti i fenomeni strutturali caratteristici: l'aspetto scheletriforme degli individui micacei, la struttura pavimentosa, le inclusioni di biotite in lamelle minutissime, tondeggianti, goccioliformi.

Il lettore si sarà accorto a quest'ora che noi intendiamo i fenomeni del metamorfismo di contatto in modo profondamente diverso da quello del Traverso; dobbiamo confessare anzi di non avere ben capito quale sia a tale proposito il modo di vedere di questo autore, e di non aver potuto farci un giudizio sicuro sulla attendibilità delle sue descrizioni, tanto più dopo che queste furono sottoposte ad accurata critica e revisione, sulle sezioni originali, dal Salomon nella sua opera già citata. Una cosa tuttavia non possiamo fare a meno di rilevare: ed è che nonostante la ricerca più spassionata, mai abbiamo potuto constatare quella *granitizzazione* del gneiss a contatto col granito, che sarebbe dovuta, secondo il Traverso, ad una trasmigrazione degli elementi del granito, specie dei feldspati, nel gneiss, trasmigrazione che, com'è noto, è in un certo senso ammessa dai petrografi francesi. È frequente bensì il caso che il granito alla periferia sviluppi qualche traccia di struttura parallela, che però non inganna un osservatore prudente; ma gli scisti di contatto non sono nè più ricchi nè più poveri in feldspato di quel che siano nel loro sviluppo normale. Sotto la cava di Roccapietra, per esempio, sulla sinistra del Pascone, si può vedere il micascisto venire a contatto immediato con la granitite senza esserne per nulla arricchito di feldspati, o comunque granitizzato; la sfumatura, il passaggio tra roccia eruttiva e scisto che dovrebbe pur potersi osservare, non esiste mai, in realtà; e il confine, a chi lo cerchi con pazienza e senza preconetti, appare sempre netto e deciso.

2. *Contatto con le rocce eruttive basiche.* — Per quanto ci consta, nessuno degli osservatori che ci hanno preceduto in questa regione ha constatato alcun fenomeno di vero metamorfismo di contatto subito dal gneiss Strona per effetto della massa eruttiva basica. Anzi affatto recentemente lo Schaefer ebbe ad affermare che “*alla diorite biotitica di Varallo segue verso S. il gneiss senza fenomeni di contatto, per modo che l'età relativa delle due masse è ancora da determinarsi*” (35).

Nella regione Ossolana, il Traverso descrive parecchi esempi di fenomeni da lui creduti di contatto, ma in realtà ristretti a manifestazioni dinamometamorfiche. Così che il Salomon, il quale ebbe agio di esaminare buona parte delle sezioni sottili originarie del Traverso,

(35) SCHAEFER, l. c., pag. 517.

crede di poter concludere che " non è ancora constatato con sicurezza se la zona di rocce basiche studiata dal Traverso e dal Porro abbia determinato vero metamorfismo di contatto „ (36).

Le nostre osservazioni ci hanno condotto a tutt'altre conclusioni, permettendoci di smentire in modo decisivo l'affermazione dello Schaefer. Noi crediamo che i geologi i quali prima di noi si occuparono di questa porzione della catena alpina non abbiano abbastanza diligentemente separati nelle loro ricerche i fenomeni dovuti al metamorfismo di contatto da quelli attribuibili al dinamometamorfismo; e che, colpiti e distratti forse dalla grandiosità di questi ultimi al limite N. O. della zona eruttiva basica, abbiano trascurate quelle manifestazioni del vero metamorfismo di contatto che, quantunque localizzate ed in assai meno vasta scala, si presentano così caratteristiche al limite tra le rocce massicce dioritiche ed il gneiss-Strona.

L'esempio più espressivo è forse quello che si può osservare a S. Giovanni presso Varallo, dove, nella cava aperta per l'estrazione di petriscio da inghiaiare le strade, si vede affiorare, a contatto della diorite micaceo-anfibolica, una roccia molto compatta, la quale già ad occhio nudo si mostra assai ricca di granato, pesante, di colore rossigno a grigio-violaceo, roccia che al microscopio fu potuta determinare come uno splendido esempio di gneiss cordieritico di contatto. La roccia in questione affiora per una lunghezza di circa 30 metri ed una altezza di circa 10, ed è ricoperta dalla diorite massiccia, anzi più precisamente da una diorite anfibolica a grana sottile, cui succede ben tosto una diorite pirossenico-anfibolico-micacea a grana più grossa. Le particolarità di struttura microscopica della roccia di contatto sono state minutamente descritte nella parte petrografica del nostro lavoro, e si possono riassumere nella presenza della cordierite, spesso così abbondante da prevalere su tutti gli altri elementi insieme; nella comparsa dello spinello verde; nella struttura tipicamente pavimentosa, a mosaico poligonale; e nella evidente ricristallizzazione di tutta la roccia. Questi caratteri sono così espressivi che non possono lasciar sussistere dubbio alcuno.

Anche a N. O. di Crevola, circa in faccia alla Cava di S. Giovanni, nel fianco opposto della valle, il gneiss granulare biotitico che è colà abbastanza sviluppato, si presenta nelle zone più prossime alla massa eruttiva con abito più compatto, riccamente granatifero, e con aspetto macroscopico poco diverso da quello del gneiss di contatto di S. Giovanni.

Un altro interessante gneiss di contatto, abbastanza analogo a quello della Cava di S. Giovanni, rossiccio, pesante, con una caratteristica lucentezza vitreo-resinosa, si può osservare lungo il sentiero che segue la base del S. Monte nel suo fianco meridionale. Esso è dovuto al contatto del gneiss Strona colla diorite micacea del S. M., e si rivela al microscopio come un gneiss granatifero a cordierite; questo minerale vi è abbondante, ma irregolarmente distribuito. Come sappiamo dalla descrizione petrografica delle rocce del gneiss Strona, la cordierite manca sempre completamente nei tipi normali, sia gneissici che micascistosi, e non si trova che nelle forme di contatto.

Singularmente netto è pure il contatto che tra le due formazioni si può osservare nella bassa Val Bagnola, nel tratto compreso tra la Barattina e il Pozzale, dove grazie alla incisione del torrente ed alla strada che lo segue si può osservare con la massima

(36) SALOMON, l. c., pag. 170.

esattezza il succedersi delle varie forme litologiche, dallo scisto normale alla diorite massiccia. Abbiamo cioè successivamente:

Micascisto a sillimanite normale;

Anfibolite scistosa, con micascisto subordinato;

Calcifiro;

Micascisto;

Gneiss granulare cordieritico di contatto, ricco assai di biotite, con tinta rosso-violaceo scura;

Diorite micacea, passante poi a diorite anfibolico-pirossenica.

Questi esempi di rocce di contatto, osservati saltuariamente, e limitati sempre ad una sottilissima zona immediatamente prossima al contatto, ci inducono a credere che, se le condizioni del terreno permettessero di seguire ovunque il limite preciso tra le due formazioni, si potrebbero facilmente moltiplicare e generalizzare le osservazioni di questo genere.

Resta ad ogni modo assodato, in modo sicuro, che le masse eruttive pirossenico-anfiboliche sono più recenti del gneiss-Strona, il quale ne fu metamorfosato al contatto. Con questo si accorda anche la nostra supposizione che i banchi di rocce basiche nel micascisto non siano che propaggini in forma di filoni-strati dipartentisi dalle masse eruttive medesime. Ripetiamo qui che non siamo poi lontani dal credere che una lieve azione di metamorfismo di contatto sia stata risentita anche a distanza da tutta la massa del micascisto, il quale deve forse a tale fenomeno la sua ricchezza in sillimanite, mentre le rocce della zona più lontana ne sono esenti. Che talvolta la sillimanite sia minerale di contatto, è noto, e anche recentemente il Salomon descrisse certi micascisti e gneiss biotitico-sillimanitici della Valle di Mortirolo, nei quali egli inclina a creder probabile che la sillimanite, e forse anche il granato, siano prodotti da un leggero metamorfismo di contatto (37).

II. - Rocce eruttive basiche.

La più potente zona delle rocce intrusive basiche, la quale, con andamento conforme a quello della precedente formazione, attraversa la media Val Sesia, ha per limite S. E. una linea che da Rosarolo in Val Strona, con lieve convessità ad occidente, passa tra Cervarolo e Varallo, prolungandosi poi circa nella stessa direzione fino alla estremità meridionale della regione (38). Più complicato e meno evidente è il limite N. O., perchè da questa parte potenti azioni dinamometamorfiche ebbero a determinare, lungo tutto il confine, la formazione di tipi scistosi, i quali vengono a confondersi colle adiacenti forme, pure scistose, appartenenti al gneiss-Sesia.

Questa zona di rocce massicce penetra nella nostra regione dal Biellese, e, attraversando la Val Grande, la Val Mastallone e la Val Strona, in direzione da S. S. O. a N. N. E. va mano a mano assottigliandosi, cosicchè mentre nella valle principale della Sesia essa misura una larghezza di quasi una diecina di Km., in Val Strona non arriva a raggiungere la metà di tale potenza, la quale scema ancora nelle valli dell'Ossola. Quivi, benchè

(37) *Gequetschte Gesteine des Mortirolo-Thales*.
N. Jahrb. B. B. XI, 1897, pag. 400.

(38) Per le differenze che nel tracciato di tal limite esistono tra la nostra carta e le precedenti, vedi più sopra pag. 350 [132].

siano pure rappresentati la maggior parte dei tipi litologici di questa formazione, il suo modo di presentarsi è assai diverso; le rocce basiche alternano spesso con le gneissiche e scistose, e, piuttosto che una sola zona eruttiva, si hanno in realtà parecchie sottili zone che costituiscono un fascio parallelo.

In genere, sta anche per la nostra regione il fatto rilevato dal Traverso, che dove scema la potenza della massa eruttiva, meno frequenti sono le forme tipicamente massicce, e più comuni diventano, specialmente ai limiti, le forme quasi esclusivamente anfibolitiche e di men sicura e men chiara origine eruttiva.

Noi siamo convinti che questa zona di rocce basiche, e forse in parte anche quella delle rocce scistose che l'accompagna a S. E. abbia nelle Alpi centrali una continuazione molto notevole e molto regolare (39). All'estremità settentrionale del lago di Como e nella Valtellina inferiore essa si riepande colle rocce eruttive dioritiche, colle anfiboliti, coi serpentini e colle rocce pirosseniche della Val Codera, della Val dei Ratti e della Val Masino, mentre a Sud è limitata dalla zona dei micascisti granatiferi del Legnone, del lago di Mezzola e della catena Orobica meridionale in genere, nei quali i micascisti a sillimanite del lago di Mezzola, attraversati da filoni granitici, le anfiboliti regolarmente interstratificate col micascisto, come quelle di Colico, di Dervio e dello stesso lago di Mezzola, i calcifiri e i filoni di pegmatite granatifera e tormalinifera di Olgiasca, completano l'analogia colla formazione di Varallo e della Val Strona.

Oltre la grande fascia di rocce massicce basiche, della quale abbiamo indicato l'andamento, e delimitati i confini, una seconda zona, assai meno potente di quella, e nello stesso tempo meno caratteristica nelle forme litologiche che la rappresentano, benchè senza dubbio singenetica e coeva con la precedente, interessa la nostra regione, traversando la parte alta delle vallate di Fobello e Rimella, con direzione circa da S. O. a N. E.

Saremo brevi nella descrizione di queste due zone di rocce pirossenico-anfiboliche, perchè, trattandosi di rocce massicce, dovremmo necessariamente ripetere quanto con maggiori particolari abbiamo già esposto nello studio petrografico.

Ma prima di passare alla descrizione dei vari tipi di rocce ed all'indicazione delle aree da esse occupate, non sarà inutile rilevare una espressione impropria della quale si sono serviti il Gerlach prima, e dopo di lui il Parona, indicando il primo col nome di Hornblende-Gesteine, ed il secondo con quello di *rocce anfiboliche* o *anfiboliti* questo complesso di rocce massicce, che dalle nostre osservazioni risultano, per massima parte, di natura prevalentemente pirossenica.

Quanto alla distribuzione delle singole forme litologiche, senza poter affermare alcun fatto generale in linea di cronologia relativa, diremo che le nostre osservazioni ci permisero di riconoscere che queste varie facies sono limitate ciascuna, almeno nel loro predominio, a determinate aree, e si seguono, in complesso, secondo un ordine di basicità crescente procedendo da S. E. a N. O. seguendo sempre alle forme micaceo-anfiboliche le pirosseniche, e le oliviniche, alle dioritiche le gabbbriche, e a queste le peridotitiche. Qualche ritorno di forme prevalentemente anfiboliche sembra verificarsi in Val Grande ed in Val Piccola, dove ci è parso riconoscerne degli esempi tra le rocce massicce che formano il margine N. O. della formazione; ma l'eccezione è forse più che altro apparente, e attribuibile probabilmente a modificazioni epidioritiche di rocce gabbbriche.

(39) Cfr. anche: A. HEIM u. C. SCHMIDT, *Geologische Karte der Schweiz*. 1: 500.000. Bern, 1894.

Riguardo all'età relativa di queste masse eruttive, si può intanto, come vedemmo, sicuramente affermare che è più recente di quella del gneiss Strona, il quale ne fu metamorfosato al contatto. Diversa è la cosa per il gneiss Sesia; per quanto noi possiamo dire in seguito alle speciali e molteplici ricerche, non solo al margine N. O. non esistono forme metamorfiche di contatto, ma se fossero esistite, sarebbero certamente state cancellate dalle azioni violente ed estese di metamorfismo meccanico, le quali, come già più volte avvertimmo, interessano entrambe le masse adjacenti, sia la scistosa che la massiccia, producendo dei tipi ambigui, scistosissimi spesso, e rendendo incerto il confine. Tuttavia recentemente lo Schaefer, il quale pure non trovò i fenomeni di contatto al confine S. E., dichiarò esplicitamente d'aver trovato forme prodotte dal metamorfismo di contatto nel gneiss Sesia (scisti di Rimella e Fobello), presso la massa eruttiva. Disgraziatamente ecco tutto quanto egli può dire della sua roccia (che asserisce di aver trovato in parecchi punti, ma senza venire ad alcuna indicazione precisa e particolare): “ *Dieses Gestein, in welchen allerdings keines der charakteristischen Kontaktmineralien nachgewiesen werden konnte, documentirt sich durch seinen hornfelsähnlichen Habitus und seine mikroskopische Struktur (?) als ein Product des Contactes. Es ist so überaus dicht, dass es sich auch bei stärkster Vergrößerung nicht in seine Gemengtheile auflösen lässt. In den bräunlichen, trüben, körnigen isotrop erscheinenden Gemenge lassen sich nur selten einige Feldspathkörnchen erkennen* „. Come si vede, questo è assai poco, e non si può che deplore la facile contentatura di un autore il quale descrive come *di contatto* una roccia per il solo fatto che al microscopio non se ne capisce nè composizione nè struttura: noi crediamo di non ingannarci riferendo questa roccia misteriosa ad una forma di laminazione, appartenente ad una zona di minuta frantumazione, come frequentemente se ne trovano al margine delle rocce massicce.

Non avremmo quindi alcuna difficoltà ad ammettere che le formazioni a N. O. delle rocce eruttive fossero più recenti di queste; riservandoci di parlarne a proposito del gneiss-Sesia, qui ci limiteremo ad osservare come tutti i dati tectonici, meno poche località aberranti, dimostrino appunto chiaramente un addossamento di tali formazioni scistose alla massa eruttiva basica.

A. — Dioriti.

Al limite S. E. della zona eruttiva appaiono esclusivamente le forme dioritiche, rappresentate, come sappiamo, da tre tipi passanti l'uno nell'altro con graduati passaggi, e che abbiamo distinto coi nomi di diorite micacea, diorite pirossenica e diorite anfibolica, ed indicati, complessivamente, sulla carta geologica, con crocette rosse sul fondo verde comune a tutta la zona eruttiva basica.

Rimandando alla parte petrografica per la indicazione più particolareggiata delle aree occupate da queste tre forme dioritiche, ci limiteremo qui a riassumere quelle indicazioni dicendo che la *diorite micacea* è limitata, per quanto ci consta, al Sacro Monte, e alle vicinanze immediate di Varallo; la *pirossenica* è la più diffusa delle tre forme ed occupa tutta l'area corrispondente al Syenit-Granit del Gerlach, estendendosi però assai di più, verso Sud, fino ad attraversare la Val Grande e a costituire la massa del Becco d'Ovaga. Grazie al suo abbondante contenuto in pirosseno trimetrico, gradatamente crescente quanto più procediamo verso N. O., essa fa lento e graduale passaggio alle rocce noritiche che la seguono. Infine la *diorite anfibolica* sembra essere, più che altro, una modificazione locale

delle prime due, che sono spesso alquanto orneblendifere, e ha predominante sviluppo nella bassa Val Mastallone, specialmente sulla sinistra del torrente, come pure tra Varallo e Valmaggia, in Val Grande.

Nel suo abito complessivo la *diorite micacea* presenta aspetto massiccio e abbastanza uniforme. Tuttavia vi si può osservare, in parecchie località, un accenno a struttura parallela, e, con assai maggiore frequenza, delle grosse lenti, o semplicemente delle porzioni della roccia dioritica a grana molto minuta e con struttura quasi scistosa per l'ordinamento regolare della mica; queste parti però per la loro composizione non differiscono che poco o punto dalla massa della roccia normale, rispetto alla quale non sono che modificazioni strutturali quali sono comuni in tutte le rocce granitoidi. Notevole è in questa roccia la relativa abbondanza dell'ortoclasio, il quale, benchè sempre subordinato al plagioclasio, è uno degli elementi essenziali della roccia, e si presenta spesso anche in grossi cristalli: si tratta pertanto, come già facemmo rilevare nella descrizione petrografica, di una *diorite* passante a *sienite*.

È assai strano come lo Schaefer, il quale dà una breve descrizione di questa roccia (40) non si sia accorto affatto della presenza in essa dell'ortose; vero è che nemmeno il plagioclasio fu da lui determinato specificamente, e alla sua descrizione non manca quel carattere di superficialità cui è improntato tutto il breve lavoro.

Venuzze ed accentramenti di quarzo e di feldspato non sono rari; più frequenti le vene di pegmatite, che sembrano quasi limitate al dirupato fianco occidentale del S. M. Dei sottili filoncelli di roccia spessartitica parleremo in seguito.

La *diorite pirossenica* passa lentamente alla precedente, e macroscopicamente le rassomiglia assai: è forse perciò che lo Schaefer dice che "*von Sand bis Varallo wird der Gesteinszug aus Biotit-Diorit zusammengesetzt*", (41). È vero che poi rettificava tale asserzione dicendo che "*im Gebiet des Biotit-Diorites findet sich eine Facies von Bronzit-Gabbro in der Gula-Schlucht oberhalb Barattina*", (42); ma questo non è che correggere un'inesattezza con un'altra più grave. Le forme dei dintorni della Gula sono tutt'altro che gabbriche o noritiche: esse sono tra le più francamente dioritiche della regione, e uno studio petrografico un po' accurato avrebbe anzi mostrato al sig. Schaefer come per l'appunto nei dintorni della Gula la diorite pirossenico-micacea sia alquanto più acida che altrove, benchè ricca in iperstenio, e contenga una quantità spesso notevolissima di ortoclasio.

Un aspetto singolare di queste dioriti, specie della pirossenico-micacea, è quello che si osserva presso lo sbocco della Val Mastallone, dove le rocce nude e levigate che formano il letto del torrente rendono la cosa evidentissima. Si tratta dell'associazione di una forma minuta alla roccia a grossa grana normale; la prima forma masserelle irregolari, arrotondate od angolose, che in grandissima copia sono incluse nella roccia macromera, la quale è ridotta a far da cemento a questo grossolano falso conglomerato.

Nella Val Vazzosa la diorite pirossenica, che qui viene direttamente a contatto col gneiss Strona, sviluppa presto tipi di passaggio alle noriti: di questi tipi si hanno anche presso Sabbia, allo sbocco della Val Sabbiola.

Anche in questo tipo dioritico sono presenti, ma non abbondanti, filoncelli pegmatitici.

(40) SCHAEFER, l. c., pag. 509-510.

(41) " " 500.

(42) " " 502.

Della *diorite anfibolica* non si possono indicare, neppure approssimativamente, i limiti, perchè, come già notammo, essa non è che una modificazione locale, sempre poco estesa, delle altre due forme dioritiche. Alla Cava di S. Giovanni, più volte citata, si possono vedere grosse masse di diorite anfibolica comprese nella pirossenico-micacea. Per lo più la diorite anfibolica è a grana più sottile delle altre.

B. — Gabbri e Noriti.

Per la descrizione geologica dobbiamo limitarci a raggruppare sotto questa denominazione complessiva tutte quelle rocce massicce basiche le quali seguono verso N.O. alle rocce dioritiche, e che, fatta eccezione per le masse lherzolitiche, le pirosseniti e le orneblenditi che vi sono incluse con sviluppo sempre limitato, vengono a costituire nel loro insieme la zona occidentale della fascia eruttiva. L'area da esse occupata è segnata con tratteggio orizzontale rosso sul solito fondo verde. Escludemmo da questa indicazione la Val Strona fino e oltre il crinale che la divide dalle valli tributarie della V. Mastallone, perchè quivi, come già abbiamo avuto occasione di osservare, la massa eruttiva cessa di essere rappresentata da forme tipicamente massicce, e lo è invece da facies speciali, delle quali crediamo opportuno tenere distinta la descrizione anche dal punto di vista geologico.

Tra queste rocce, le noriti pure sembrano preferire la zona più prossima alle masse lherzolitiche. Ne osservammo infatti in Val Grande, presso la lherzolitite di Balmuccia; come pure in Val Sabbiola, presso l'Alpe Campo, in identici rapporti con la massa lherzolitica che affiora sulla cresta divisoria tra la Val Sabbiola e la Valbella. Ne esistono però anche nella media Val Mastallone.

I gabbri propriamente detti sono scarsi, ristretti alla Val Grande e associati alle noriti, che sostituiscono in vari punti, ed alle quali somigliano anche macroscopicamente; non abbiamo mai trovato dei tipi a grossa grana, con larghe lamine di diallagio, come son noti in tante altre località.

Le noriti con anfibolo sono le più largamente diffuse fra le rocce massicce di questa zona; hanno predominante sviluppo fra Cravagliana e il Baraccone in Val Mastallone, e nella porzione inferiore delle valli laterali a quest'ultima, la Valbella e la Val Sabbiola.

Alquanto meno abbondantemente rappresentati, e per lo più localizzati in aree piuttosto ristrette, sono i gabbri granatiferi, dei quali si osservano bellissimi esempi presso Balmuccia, in Val Grande, e specialmente in Val Mastallone presso il Baraccone. Di qui essi si spingono per circa 300 metri entro la Valle di Fobello, e alternando con rocce più acide di cui diremo a tempo debito (vedi *stronaliti*), continuano nella Valle di Rimella fino oltre la Madonna del Rumore e nella Valle dell'Ender Wasser. Anche nell'alta Val Strona essi trovansi rappresentati, sotto Campello, ma sono qui meno tipici e passanti a quelle rocce che da noi furon chiamate gabbri zonati, e sono altrove descritte.

Un fenomeno molto evidente, e che non può a meno di colpire chi studi queste rocce, e specialmente le noriti della media Val Mastallone, è la divisione degli elementi in zone o banchi alternanti, per evidente liquazione (*Spaltung*) del magma. Così con parti anortositiche, grigio-chiare, poverissime di pirosseni, alternano parti bruno-scure, composte quasi esclusivamente da pirosseni, e che si potrebbero descrivere come *websteriti* o in generale *pirosseniti*. Lo Schaefer, che ebbe a notare il fenomeno, e ne fa breve cenno, chiama *filoni* (*Gänge*) queste diverse masse o banchi formati dalla liquazione: noi crediamo che questo

nome sia improprio, dati i passaggi che legano le diverse masse e la loro contemporaneità, generalmente evidentissima; nè, data la poca estensione di ogni singola zona, e la promiscuità tra loro e con forme miste, riteniamo utile distinguerle dal punto di vista geologico.

Eccezione si può fare tuttavia per la harzburgite e i gabbri olivinici di Nosuggio e Cravagliana, che pajono formare veri filoni entro le noriti con anfibolo.

C. — **Peridotiti, Pirosseniti, Orneblenditi.**

La principale massa lherzolitica è quella che si osserva in Val Grande, nella località detta Giavina Rossa, fra Isola e Balmuccia. Essa costituisce in parte il fianco meridionale della Cima Lavaggio, spingendosi a N. fino a raggiungere il versante della Val Mastallone, e scendendo in Val Grande fino al fondo della valle, limitata per circa un Km. dal corso della Sesia, mentre al suo limite occidentale verso Balmuccia una propaggine non molto potente attraversa il thalweg, e va a perdersi, assottigliandosi rapidamente, nel versante destro della valle. L'aspetto franoso e desolato della montagna, e specialmente la tinta giallo-rossa dei blocchi e della roccia in posto, dovuta alla sua alterazione superficiale, e contrastante in modo spiccato colla tinta verde-olivastra dei blocchi di recente staccati e spaccatisi nella caduta, rendono oltremodo appariscente e visibile anche da lontano questa massa lherzolitica. Ne è prova il nome locale di Giavina Rossa; ed è davvero strano come un affioramento di tanta importanza e di tanta evidenza sia sempre sfuggito all'osservazione dei geologi che prima di noi ebbero ad occuparsi della Val Sesia.

Per quanto riguarda la descrizione della roccia nei suoi diversi aspetti e nei diversi punti dell'affioramento, rimandiamo alla Nota preventiva da noi pubblicata ed inserita nei Rendiconti della R. Accademia dei Lincei. Questa nota sembra essere sfuggita in modo per lo meno singolare al sig. Schaefer, il quale riscopre per suo conto la lherzolite di Balmuccia, e non cita il nostro lavoro che in una noticina a piè di pagina, quasi che tale noticina non fosse stata stampata contemporaneamente al testo. Ma ciò che è più strano si è ch'egli determina la roccia come harzburgite; questo non può trovare che due spiegazioni: o il sig. Schaefer confuse al microscopio il pirosseno monoclinico col trimetrico, — ciò che non vogliamo credere possibile — o egli studiò la roccia sopra un solo campione anomalo; in egual modo avrebbe potuto descrivere la roccia come una dunite, una websterite o una wehrlite, perchè non mancano nella massa le parti accessorie costituite come queste rocce.

Una seconda massa lherzolitica, pure sfuggita all'attenzione di tutti, ma assai meno vasta di quella della Val Grande, e in luogo meno comodamente accessibile, è quella che si osserva presso l'Alpe Campo, nell'Alta Val Sabbiola, lungo il crinale che, scendendo dal M. Cengio dell'Omo, divide la Val Sabbiola dalla Valbella. L'area da essa occupata è grossolanamente ellittica, e l'asse maggiore ne è diretto circa da N. a S. Per la composizione mineralogica, per l'aspetto macroscopico, per la tinta rossa dell'alterazione superficiale, essa somiglia molto a quella della Val Grande. L'analogia fra le due masse lherzolitiche si conserva anche in quanto riguarda i rapporti con le rocce circostanti; anche qui ad immediato contatto colla lherzolite si osservano forme di norite propriamente detta, e quelle rocce acide, granatifere, di tipo granulitico, ma di aspetto massiccio, che compariscono pure presso Balmuccia e che descrivemmo altrove col nome di stronaliti.

Di sviluppo sempre limitato è la harzburgite ad orneblenda che si osserva sotto Nosuggio in Val Mastallone, sotto forma di grossi filoni nei gabbri e nelle noriti con orneblenda.

Questa roccia fu trovata anche dallo Schaefer, quando noi del resto ne avevamo già ultimato lo studio microscopico, e fu da lui chiamata con un nome nuovo e geograficamente improprio: Valbellite. Noi crediamo inutile questa nuova denominazione, tanto quanto sarebbe inutile quella che si volesse dare alle noriti di questa parte della Val Mastallone per il fatto che esse contengono molta orneblenda accessoria.

La peridotite ad orneblenda, che abbiamo così chiamato, anzichè dirla picrite, perchè dalle picriti classiche è alquanto diversa, di Val Sabbiola, può considerarsi come una semplice facies anormale della lherzolite sopra descritta.

Abbiamo già detto poco sopra come nelle rocce gabbriche e noritiche, specialmente della Val Mastallone, siano frequenti, come modificazioni locali della roccia normale, banchi di roccia pirossenitica, che non descriveremo come rocce a sè. Fanno invece eccezione per lo sviluppo assai più notevole, il quale permette di considerarle come corpi geologici a sè, due masse pirossenitiche: l'una di vera pirossenite presso Campello in Val Strona, l'altra di websterite con orneblenda presso Rossa, in Val Sermenza.

La pirossenite di Campello è una roccia molto compatta, di color bruno scurissimo, quasi nero, brillante nella frattura fresca. Costituisce, a cominciare da una trentina di metri sopra il fondo della valle, la estremità inferiore dello sperone che divide la valle principale dal vallone che si apre a sinistra, precisamente a Campello, e che scende dalla P.^a d'Isola.

La websterite anfibolica di Rossa in Val Sermenza è situata al limite N.O. della zona eruttiva, e seguita perciò immediatamente dalle forme scistose del gneiss Sesia. La potenza di questa massa non è molto grande, e arriva a poche decine di metri; ma l'aspetto e la composizione mineralogica variano molto nei diversi punti dell'affioramento, passando da quelli di una orneblendite con pirosseno accessorio a quelli di una pirossenite con scarsa orneblenda.

D. — Gabbri zonati e Stronaliti.

Questi due tipi litologici sono così strettamente connessi da graduali passaggi, e si succedono l'uno all'altro in così fitta e ripetuta alternanza, che non ci è possibile, dal punto di vista geologico, di tenerli distinti, nè di considerarli altrimenti che come una formazione unica. Li abbiamo indicati complessivamente nella carta geologica con tratteggio verticale sul solito fondo verde.

1. — Nella fascia eruttiva principale, la regione nella quale queste forme sono più sviluppate è l'alta Val Strona, e più precisamente quel tratto di valle che corre da Campello a Rosarolo sotto Forno. I gabbri zonati e le stronaliti non affiorano soltanto sul fondo della valle, ma, nel tratto sopra indicato, ne costituiscono per gran parte il versante sinistro, e intieramente il destro, raggiungendo, nella catena che divide la Val Strona dalla Valbella e dalla Val Sabbiola, tributarie della Valle Mastallone, altezze superiori ai 2000 metri. Queste rocce, sempre fittamente alternanti tra loro, a guisa di banchi o zone, si estendono notevolmente anche a Sud del crinale, giungendo, in Val Sabbiola, fino a Montata, dove ad esse succedono le noriti.

I gabbri zonati presentano grandissima varietà d'aspetto, alla quale corrisponde una non meno profonda varietà di composizione. Vi si possono distinguere due tipi, che però alternano fra di loro, e sfumano l'uno nell'altro per una serie di graduali passaggi: i gabbri zonati esclusivamente pirossenici e i g. z. ad orneblenda. In entrambi è caratte-

ristica la presenza del granato, ma in proporzioni estremamente variabili; anche la biotite ha d'ordinario una notevole importanza. È naturale pertanto che la tinta complessiva di queste rocce vari notevolmente, a seconda che in esse predominano gli elementi feldspatici, il pirosseno, l'anfibolo, o il granato e la biotite; più costante invece è la tessitura, a grana quasi sempre di media grossezza.

In Val Strona si può osservare che mentre a monte, presso il limite Ovest di questa formazione, i gabbri zonati per lo più anfibolici passano a gabbri granatiferi propriamente detti, quasi identici a quelli del Baraccone, il tipo di vero gabbro si va perdendo, e la roccia va diventando sempre più ricca in biotite quanto più, scendendo nella valle, ci avviciniamo al limite E. della zona eruttiva. Affatto anormale è l'aspetto del gabbro zonato anfibolico che si osserva presso Rosarolo in Val Strona, aspetto quasi anfibolitico, benché la roccia sia ricchissima di pirosseno, tanto che ad un esame superficiale è facile confonderla con una di quelle anfiboliti che alternano col micascisto a sillimanite; e la confusione è più facile ancora poi che precisamente poco a valle di quel punto cessano le forme appartenenti alla zona eruttiva, e incomincia il gneiss Strona sotto forma di un micascisto sillimanitico ricco in banchi di anfibolite.

Stronaliti. — Come già siamo venuti esponendo nella parte petrografica, abbiamo in questo caso dovuto vincere la nostra ripugnanza a introdurre nomi nuovi nella già troppo complicata nomenclatura petrografica, facendo una eccezione a favore di questo complesso di rocce, che non potrebbe, senza sforzo, essere collocato in nessun tipo caratteristico della serie litologica, soprattutto quando, come noi crediamo opportuno fare dal punto di vista geologico, si considerino geneticamente e nel loro insieme, anziché isolatamente con criterio esclusivamente petrografico.

Nella prima parte del nostro lavoro abbiamo ricordato gli accenni che il Traverso e lo Schaefer fanno di queste rocce, e abbiamo detto come il primo di questi autori le chiami senz'altro *leptiniti*, cioè *granuliti* secondo la nomenclatura da noi adottata (43).

È un fatto che tra i vari tipi di rocce alle quali si possono avvicinare le nostre stronaliti, le granuliti son quelle che presentano con esse di gran lunga le maggiori analogie. Non mancano anzi, come vedemmo nella descrizione petrografica, dei termini che come granuliti potrebbero essere determinati senz'altro; ma per la massima parte di esse, la grana grossa o media, l'aspetto massiccio e la mancanza di ogni traccia di scistosità sono caratteri che non permettono affatto tale riferimento.

Le diverse varietà litologiche furono già da noi diffusamente trattate altrove, e abbiám mostrato come, se la definizione di rocce massicce quarzoso-feldspatiche-granatifere è loro in ogni caso applicabile, la loro acidità è varia assai, e mentre alcune ve ne sono esclusivamente plagioclasiche con quarzo rarissimo, altre sono ricchissime di quarzo, e tra i feldspati ci presentano in copia l'ortoclasio.

Per il modo di giacitura esse possono dividersi in due gruppi: l'uno, tipico, in grandi masse, alternanti coi gabbri zonati; l'altro in masse piccole e ristrette, che compariscono, accessorie, in diversi punti della zona eruttiva, come banchi inclusi nelle forme massicce più basiche, o al loro margine.

Il primo tipo è rappresentato, più generalmente, da rocce grigiastre o biancastre con macchie e chiazze brunicce o rossastre, dovute al granato. La biotite vi è presente gene-

(43) *Geologia dell'Ossola*, pag. 101-102.

ralmente, ma spesso in quantità affatto trascurabile, mentre altre ve ne sono così ricche da potersi chiamare — per chi non guardasse che ai componenti mineralogici — dioriti biotitiche granatifere. L'aspetto è quasi sempre francamente massiccio, ma si passa qua e là, per transizioni, a tipi decisamente scistosi, nei quali la sillimanite, ch'è scarsa nei massicci, diventa copiosissima. L'insieme di queste forme e la loro molteplice, mille volte ripetuta, alternanza coi gabbri zonati può essere osservata particolarmente su due allineamenti, il primo: Campello-Rosarolo in Val Strona, e l'altro: Forno-Bocchetta dalla Serrera-Erbareti (in Val Sabbiola), che tagliano queste forme secondo le linee di loro maggiore sviluppo.

Ma è vano sperare di raccapezzarsi in quel capriccioso succedersi di tante forme diverse col solo aiuto dell'esame esterno delle rocce; è con la indagine microscopica ripetuta su numerosi campioni che si può abituare alquanto l'occhio a distinguere le forme principali; senza entrare in particolari, che meglio si potranno desumere dalla lettura delle singole descrizioni petrografiche, diremo che mentre sotto Campello, fino alle Piane, sembrano predominare le stronaliti sui gabbri zonati, nella seconda metà della traversata il rapporto si inverte, e questi ultimi diventano più copiosi, benchè forse meno tipici e più micacei. Forme decisamente granulitiche e alquanto scistose si possono osservare in vari punti dove sembra che potenti azioni dinamometamorfiche siano state esercitate sulla massa eruttiva; le più caratteristiche si posson raccogliere nei dintorni di Tappone.

Il secondo tipo di giacimenti stronalitici è rappresentato da rocce pure massicce e tenaci, a grana per lo più abbastanza fina, talvolta ricchissime di granato e sillimanite, pesanti, lucenti, con tinta d'insieme rosso-violacea, ma tal altra volta grigio-scurissima, molto acide, povere di granato e di sillimanite. Queste ultime si possono osservare, come sappiamo, in Val Grande, in piccoli banchi, a contatto o a poca distanza dalla massa lherzolite di Balmuccia; qui esse alternano con noriti pure e con noriti anfiboliche, dalle quali il loro colore e l'aspetto loro massiccio ben difficilmente permette di riconoscerle ad occhio nudo, senza l'aiuto dell'indagine microscopica. Ricchissime di granato, come ebbimo a dire, sono invece particolarmente quelle che si possono osservare sopra il Baraccòne, nello sperone roccioso che divide la Valle di Fobello da quella di Rimella, entro al gabbro granatifero. Altre rocce stronalitiche si incontrano nella valle che dalla Madonna del Rumore sale a Rimella e in quella dell'Ender Wasser, tanto nel fondo del torrente, quanto più in alto, lungo la strada da Rimella a S. Gottardo, che è quasi parallela al limite tra la zona eruttiva e gli scisti di Fobello e Rimella che le si sovrappongono. Qui tali rocce, spesso alterate, perchè prossime alla zona di laminazione che ormai ci è nota, alternano con gabbri granatiferi più o meno freschi e caratteristici, talora molto orneblendiferi, e con scisti di laminazione derivanti per lo più da rocce massicce. Non insistiamo più a lungo sulle singole località per non ripetere quello che, data la singolare importanza di queste rocce, siamo stati costretti a dire nella parte petrografica.

Completamente presa entro le forme stronalitiche e di gabbri zonati è la già accennata pirossenite di Campello, e per gran parte inclusa in tali forme, quasi al confine tra esse e le noriti, è pure, come sappiamo, la lherzolite dell'alta Val Sabbiola.

Natura e origine delle stronaliti. — Dopo quanto abbiain detto circa l'aspetto, la composizione e la struttura dei gabbri di questa serie e circa i loro passaggi ad altre forme tipicamente massicce, crediamo che la natura eruttiva di queste rocce non abbia bisogno di essere altrimenti dimostrata.

Non altrettanto sicura appare l'origine delle stronaliti; e l'analogia di composizione che esse presentano, anche nei riguardi della fitta alternanza tra forme granatifere acide a sillimanite, e rocce basiche ad iperstenite, con le granuliti di Sassonia, sulla cui natura ed origine tanto discussero gli Autori, ci fa un dovere di essere molto guardinghi nell'esprimere la nostra opinione circa il valore genetico delle stronaliti. Due sole ipotesi crediamo però si possano presentare a spiegare la origine di queste rocce: una che attribuisca alle stronaliti una originaria natura scistoso-cristallina, e le supponga profondamente metamorfosate da ripetute intercalazioni di rocce eruttive basiche; e l'altra che riunisca geneticamente in un solo complesso i gabbri zonati e le stronaliti, e consideri cioè entrambe le forme come i due prodotti polari della liquazione stratiforme di un magma eruttivo di media basicità.

Parecchi fatti militano a favore della prima ipotesi. Così l'analogia di aspetto e di composizione fra alcuni tipi stronalitici e certi tipi granulari e micascistososi del gneiss Strona; la presenza di banchi di calcifiro nel bel mezzo della zona eruttiva, là dove questa è rappresentata da stronaliti e gabbri zonati; la presenza quasi costante della sillimanite, così notevolmente diffusa nel gneiss-Strona; la grande acidità di certi termini stronalitici, e la stessa variabilità grande di composizione da un punto all'altro, rapidamente; sono tutti argomenti che potrebbero servire a chi volesse ritenere queste masse come originariamente scistose, forse appartenenti al gneiss-Strona, e completamente inglobate o ripetutamente iniettate a diversi livelli da innumerevoli propaggini a filone-strato di roccia eruttiva pirossenico-anfibolica, così da perdere la loro struttura scistosa ed essere ridotte spesso completamente massicce.

Tuttavia un esame accurato dei rapporti di giacitura di queste rocce, e delle loro sezioni sottili al microscopio persuade facilmente come la questione non sia tanto semplice, e almeno altrettanti e altrettanto forti argomenti si possano agevolmente portare a sostegno dell'altra ipotesi.

Intanto l'esame geologico persuade facilmente come questi due tipi litologici, gabbri e stronaliti, formino un tutto ben unito, così da far ritenere meno naturale ogni teoria che non ammetta come punto di partenza la loro singenesi; l'aspetto massiccio della massima parte di esse rocce, se si supponga prodotto dal metamorfismo di contatto, può parere strano, quando si rifletta che in molte parti, come sotto Campello, le masse metamorfosanti avrebbero potenza molto subordinata a quella delle metamorfosate. Di più mancano in tutte le stronaliti le tracce ordinarie di tali azioni di contatto: non esistono in esse nè cordierite, nè andalusite, nè ci si può mai osservare struttura di contatto propriamente detta, o pavimentosa; laonde viene ad essere dimostrata affatto casuale e superficiale, e solo dovuta all'abbondanza del granato, quella rassomiglianza esterna con la roccia di contatto di S. Giovanni che presentano le stronaliti del Baraccone. La presenza della sillimanite e del granato non può neppure essere ritenuta molto dimostrativa; la formazione del primo di questi minerali può benissimo essere spiegata con azioni secondarie, particolarmente dinamiche, tanto più che anche qui, come nel gneiss Strona, solo i termini più scistosi sono ricchi in sillimanite; termini che, ripetiamo, sono affatto eccezionali fra le stronaliti. La presenza costante del rutilo in queste rocce è pure un fatto che ha la sua importanza, specie quando si consideri ch'esso manca sempre o è affatto eccezionale nei termini del gneiss Strona. Del pari la scarsità grandissima della biotite in termini — frequenti — tra le stronaliti è un fatto che non ha quasi riscontro nei termini acidi della serie del gneiss Strona. Per di più il contatto avrebbe in questo caso operato

in certo senso al rovescio del solito, poichè mentre le rocce di contatto si distinguono d'ordinario per la sottigliezza notevole della grana, qui la massima parte dei prodotti del contatto avrebbe una grana più grossa delle rocce originarie. Se a questo si aggiunga l'analogia di aspetto e di struttura di alcuni degli elementi delle due forme alternanti, gabbrica e stronalitica, e il graduale passaggio che bene spesso si può osservare, anche nella stessa sezione, tra l'una e l'altra forma; se si tenga presente che l'osservazione geologica fa parere artificiosa ogni ipotesi che tenda a separare, dal punto di vista dell'origine, i gabbri e le stronaliti; e se finalmente si ricordi come in vari punti della zona eruttiva, là dove questa è più tipica, in Val Mastallone, siano numerosi e frequenti gli esempi di liquazione zonare e stratiforme del magma, per modo che con rocce quasi esclusivamente feldspatiche alternano rocce prive di feldspato, ed anche oliviniche, non si può non trovare giustificata la nostra simpatia per una ipotesi la quale accomuni l'origine delle due forme, gabbrica e stronalitica, e la supponga dovuta appunto alla liquazione (spaltung) a zone e strati alternanti di un magma unico. Se non si hanno difficoltà a riunire in questo modo banchi alternati di anortosite o labradorfels e di harzburgite o websterite, perchè la difficoltà dovrebbe esser maggiore nel caso nostro, in cui non si tratterebbe alla fine che di un magma complessivamente alquanto più acido? Ripetiamo qui che la analogia con le granuliti sassoni non verrebbe con questo ad essere disconosciuta; se si ammette con Rosenbusch che le granuliti tipiche non siano appunto che ortoscisti, le stronaliti potrebbero venir a rappresentare, come altrove abbiám detto, le rocce madri delle granuliti; solo là dove le azioni meccaniche furon più energiche si sarebbero sviluppati dei tipi scistosi, a struttura parallela e a grana minuta, che ben si possono dire granuliti.

Con tutto questo, noi non vogliamo dar la cosa per giudicata, nè disconosciamo il valore degli argomenti contrari, dei quali uno solo, tuttavia — la presenza dei banchi calcarei — ha un valore reale, e non assoluto, perchè possibile a spiegarsi in modo soddisfacente anche accettando l'ipotesi da noi favorita.

2. — Una seconda zona eruttiva, assai meno estesa e meno caratteristica, attraversa, come sappiamo, la regione da noi studiata nella parte alta delle valli di Carcoforo, di Fobello e di Rimella.

Essa occupa un'area fusiforme, il cui asse è diretto circa da O. S. O. a E. N. E. e fa quindi un angolo sensibile con quello della maggior zona, convergendo con questa decisamente verso N. E. Nella sua massima larghezza, corrispondente alla Val Mastallone sopra Fobello, essa misura più che due chilometri e mezzo; di qui procedendo verso le due estremità, va gradatamente assottigliandosi, e in Val Sermenza muore in lembo esilissimo sotto Carcoforo, mentre a N. E. arriva alle falde del Capezzone ridotta ad una strettissima fascia anfibolitica che si perde negli scisti.

Fra le rocce che la rappresentano, pochissime hanno aspetto chiaramente eruttivo, e la maggior parte delle forme tipicamente massicce vi manca affatto; solo nella parte centrale sono largamente rappresentati i gabbri zonati e le stronaliti, in quegli stessi rapporti di fitta alternanza che nella fascia eruttiva principale si osservano in Valle Strona. In Val Mastallone, dove meglio si possono studiare le forme di questa zona, i tipi litologici sono però due molto diversi: mentre poco a monte di Boco, sopra Fobello, dove cessano gli scisti, cominciano a presentarsi delle anfiboliti feldspatiche, le quali si possono anche chiamare scisti dioritici, alternando così ripetutamente con una forma granitoide del gneiss-Strona, che siamo stati obbligati a segnare questo fatto schematicamente sulla carta, come una lente inter-

calata di roccia eruttiva, più in su, da S. Maria fino all'Alpe Baranca, si ha una ripetizione delle forme di Val Strona, quale più completa e caratteristica non si saprebbe desiderare. Non vi mancano nemmeno i calcari intercalati in banchi di varia potenza; anzi al limite Sud di questa sotto-zona di tipo stronalitico, l'aspetto di alcune rocce è degno di nota per la loro decisa scistosità, e il loro contenuto in sillimanite, spesso veramente enorme e straordinario. Si hanno così dei tipi quasi micascistosi che possono far pensare ad una ricomparsa del gneiss-Strona, il quale, come sappiamo, curvato in anticlinale, scompare sotto l'ammasso delle rocce eruttive al loro limite S. E. e potrebbe supporre riapparire qui per abrasione delle soprastanti forme scistose, dove l'incisione della valle è più profonda. Ma a tale proposito non possiamo che ripetere quanto più sopra abbiamo esposto a proposito dell'origine di questi termini scistosi delle stronaliti, i quali potrebbero dar modo di creare una terza ipotesi — mista — se i passaggi più gradualmente e completi non riunissero le stronaliti micascistose alle massicce, e se questo non paresse un artificioso spediente per eludere in apparenza la difficoltà.

Verso le estremità, la zona, assottigliandosi, perde le forme tipiche di gabbro e stronalite, che forse, affatto subordinate e alterate meccanicamente, ricompajono per breve tratto nella valle che da Rimella sale al passo d'Orchetta; la forma esclusiva di queste parti più sottili della seconda zona eruttiva è un'anfibolite più o meno scistosa o zonata, con anfibolo bruno-verde, ricca di feldspato, la quale ai margini, per intensa laminazione, si trasforma in prasinite anfibolica con actinoto e zoisite, e sfuma così, insensibilmente, nelle forme scistose, parimente laminate e frequentemente anfiboliche, del gneiss-Sesia. Questi vari aspetti delle rocce e anche i fenomeni secondari che esse presentano si trovano del resto diffusamente trattati nella parte petrografica.

E. — Spessartiti.

Particolarmente interessanti, anche perchè intieramente sfuggiti ai precedenti osservatori, sono certi filoni di rocce eruttive basiche, della serie lamprofirica di Rosenbusch, i quali, benchè scarsamente, si possono osservare in alcune località entro al gneiss-Strona, non lungi dal confine colla massa dioritica. Filoni, pure esili, di rocce identiche si osservano pure entro la diorite micacea.

Queste rocce, verdi nerastre o nere, di aspetto quasi basaltico, tenaci e compatte, si presentano sempre in filoni piuttosto esili, da 10 a 40 centimetri; un fascio di tali filoncelli taglia con discordanza il calcifiro della Crosa; un altro si trova nel micascisto sotto la Cappella del Cucco. Nella diorite se ne trovano al Sacro Monte, alla Parmegiola sulla destra di Sesia, ecc.

F. — Calcari.

In vari punti della zona eruttiva principale come nella secondaria, ai margini di queste formazioni, come pure nel loro interno, si trovano banchi più o meno potenti di rocce calcaree cristalline, ricche, come ci è noto dalla descrizione microscopica, di minerali accessori, tra i quali il pirosseno e la wernerite sono i più caratteristici, specie per i tipi più freschi e più centrali, mentre l'anfibolo e la zoisite predominano nei più periferici e laminati. Questi calcari, sempre saccaroidi, talora veri cipollini, devono, crediamo, il loro

aspetto e la loro ricchezza in minerali accessori all'azione metamorfosante delle masse eruttive da cui sono inglobati, e per parecchi caratteri somigliano così da vicino a quelli che si trovano inseriti nel gneiss-Strona che li abbiamo voluti distinguere nella carta geologica con la stessa tinta azzurra.

Il più noto e uno dei più caratteristici è quello della valletta dell'Ender Wasser presso Rimella, già ricordato dal Gerlach (44) come compreso nelle *Hornblende-Gesteine* e dal Parona, meno correttamente, descritto come incluso "non nelle *amfiboliti*, ma in certi scisti feldspatici che qui vi loro si sostituiscono (45)"; noi, a dir vero, abbiamo trovato questo calcare compreso in rocce eruttive non solo, ma pirosseniche, e non anfiboliche.

A questo, che si troverà altrove descritto, sono molto rassomiglianti quelli da noi trovati presso l'Alpe Nagarone e presso Erbareti, i quali vengono a smentire quanto si credeva prima ed è espresso anche dallo Schaefer, cioè che "in der Mitte der basischen Gesteinszonen wurden nirgends Kalkeinlagerungen beobachtet".

Da questi calcari pirossenici, spesso werneritici, si passa per gradazioni, come sappiamo, a varietà dinamometamorfiche, come quelle dei dintorni di Fobello e di Carcoforo, le quali non conservano che tracce del pirosseno originario, arricchendosi di una quantità di minerali secondari, il cui aspetto fu altrove compiutamente trattato.

G. — Fenomeni

dovuti al dinamometamorfismo.

In apposito capitolo della parte petrografica abbiamo già descritto alcune principali forme di rocce eruttive basiche, laminate e rese più o meno scistose da fenomeni di metamorfismo meccanico. Abbiamo anche fatto risaltare in quel capitolo come queste forme laminate occupino una larga zona, che si estende lungo tutto il confine N. O. della fascia principale eruttiva; ed è opportuno insistere su questa constatazione, notando che invece alla parte S. E., là dove la formazione viene a contatto col gneiss-Strona, manca ogni fenomeno regolare di questa natura, e le rocce eruttive conservano il loro aspetto massiccio fino alla formazione scistosa, nella quale si sono sviluppati tipi metamorfici di contatto.

Questo fatto è anche importante perchè può servire a studiare lo sviluppo di tipi prasinitici per semplice laminazione di rocce eruttive; sviluppo che si segue passo passo non solo al margine della più larga fascia eruttiva, ma anche ai margini della minore e più settentrionale, colà dove essa, come in Val di Carcoforo e sotto il Capezzone, è ridotta ad un lembo assottigliato. Vedremo, trattando del gneiss-Sesia, come tutte le rocce di cui esso è formato rivelino azioni metamorfiche di questo genere, spesso violentissime, le quali possono bene spiegare il carattere prevalentemente prasinitico degli interstrati basici che così frequentemente vi sono intercalati.

La zona di prevalente sviluppo delle forme laminate, pure seguendo tutto il confine N. O. delle rocce eruttive, ha potenza assai varia; più sottile in Val Grande, va allargandosi verso N. e presso Balmuccia ha già un rilevante spessore; nei dintorni di questo paese si possono vedere chiaramente i banchi scistosi compresi nella roccia eruttiva, e tutti i passaggi gradualmente si possono trovare che dimostrano l'origine di tali scisti verdi essere per

(44) Op. cit., pag. 133.

| (45) Op. cit., pag. 63.

l'appunto questa. In Val Mastallone il fenomeno è ancora più chiaro, e per un chilometro e mezzo, cominciando poco sopra il ponte del Baraccone, si possono veder alternare banchi di scisti e banchi di roccia più o meno compatta, con tutti gli altri stadi intermedi; del pari in Valle di Rimella, fino sopra la Madonna del Rumore, e dentro la Valle dell'Ender Wasser.

In tutte queste località sembra che l'azione meccanica si sia esercitata su per giù nello stesso senso; sotto Fobello, l'andamento di questi scisti di laminazione varia da N. 80° E. incl. a N. fino a N. 45 E. incl. a N. O. Fra Balmuccia e Scopello la direzione prevalente è sempre vicina a N. 40° E. con incl. a N. O.

Poi che questi fenomeni si trovano con pari intensità negli scisti adjacenti, è chiaro che non è agevole decidere qui dell'età relativa delle due masse; l'andamento delle forme gneissiche al contatto è concordante con quello delle forme laminate delle rocce massicce, e nell'un caso come nell'altro si tratta evidentemente di scistosità secondaria; se anche vere forme di contatto fossero esistite, crediamo che la loro cancellazione sarebbe stata un inevitabile effetto del metamorfismo dinamico.

III. - Gneiss-Sesia.

Abbiamo creduto opportuno di conservar questo nome, proposto dal Gerlach, alla formazione scistosa, vasta e complessa, che segue ad Occidente la zona più potente di rocce eruttive basiche. Questa formazione, ch'è quella che occupa tra tutte la maggior area entro i confini della nostra regione, penetra in Val Sesia dalle valli biellesi e da quella di Gressoney; e da questa larga base, interrotta nel mezzo da un cuneo di mica-scisti e pietre verdi che noi crediamo da riferirsi ad altro orizzonte, va restringendosi gradatamente verso N. E. Presso a questo limite essa viene ad esser divisa per il mezzo da una più sottile ma lunga e continua zona di rocce eruttive basiche; e, sempre più ristretta e meno caratteristica, entra nell'Ossola, dove in lembo assottigliato la vediamo rappresentata dalle filladi di Vogogna, e, forse, dagli *scisti sericitici* del Cimone di Straoglio e della C.^a Laurasca.

Quantunque ben caratteristica nel suo complesso, questa formazione è anch'essa rappresentata da forme assai varie per aspetto e composizione.

La forma più comune e più tipica è forse un gneiss scistoso, qua o là minuto, leggermente occhiadino, tal volta micascistoso, caratterizzato dalla tinta d'insieme chiara, decisamente grigio-verdastra. Questa tinta verdastra, dovuta per gran parte alla mica bianca, che è decisamente colorata e pleocroica anche in sezione sottile, e in minor parte alla biotite, ch'è pur verde, e ad altri minerali verdi o giallo-verdastri (epidoto, anfibolo, clorite) è comune alla massima parte delle facies litologiche di questa formazione, e rende meno appariscenti gli interstrati, pur così frequenti, di rocce prasinitiche ed analoghe. L'altra nota caratteristica è la natura del feldspato, sempre esclusivamente alcalino, e per la massima parte albite. Tipo di questi gneiss, molto diffusi come abbiám detto, è il gneiss di Boccioleto, in Val Sermenza, che viene scavato per essere utilizzato come beola in grandi lastre ed è un materiale da costruzione assai noto ed usato in Val Sesia.

Alternanti a banchi per lo più potenti, e rilegate da gradual passaggi alle precedenti, si notano in vari punti delle forme massicce, più o meno granitoidi, nelle quali il carattere

eruttivo è in generale francamente conservato. Ne abbiamo nella parte petrografica distinto tre tipi: quello che diremo alcalisienitico a microclino e povero di quarzo: quello granodioritico, spesso aplitico, a quarzo e albite; e quello dioritico pirossenico-anfibolico; per tutti e tre abbiám notato i fenomeni dinamometamorfici che queste rocce presentano, e abbiám fatto rilevare come parecchi tipi di rocce scistose derivino in modo certo dalla laminazione di forme massicce analoghe alle precedenti.

Sono specialmente notevoli a questo riguardo le forme *bindelline* che abbiám chiamato gneiss minuti zonati, e che si trovano largamente rappresentate in Val Grande, da Isoello verso Riva, ma che compariscono qua e là per tutta la formazione, come tipo subordinato. Tali forme, scistosissime, hanno molto spesso la composizione mineralogica identica a quella delle forme più massicce che le precedono verso Est, e si rivelano al microscopio come un prodotto estremo di quel dinamometamorfismo che così energicamente ha modificato tutta la formazione.

Le forme micascistose son pure largamente rappresentate, e nel loro tipo ordinario si comportano come sostituenti locali del gneiss scistoso, senza che sia facile segnare delle zone continue di loro prevalente sviluppo. Ma degno di nota è il micascisto riccamente granatifero e anfibolico di Rua, il quale per l'aspetto e la composizione si riattacca decisamente ai micascisti granatiferi che stanno tra le vere pietre verdi e il gneiss del Monte Rosa, e quindi appartengono ad altra formazione. Le forme prasinitiche, che in banchi per lo più di mediocre potenza, ma frequenti e numerosissimi, si osservano alternanti con le gneissiche, rammentano pure assai da vicino quelle appartenenti alla zona caratteristica delle pietre verdi, così da lasciar supporre ragionevolmente che la loro origine sia eguale, e da rendere estremamente difficile e soggettivo segnare il limite N. di questa formazione, là dove essa vien per l'appunto a sovrapporsi alle pietre verdi.

Il distinguere con una tinta diversa tutte tali forme speciali del gneiss-Sesia è reso per tal modo così difficile dalla loro esiguità, dalla frequenza e irregolarità loro, e dai continui passaggi che rilegano tipi tra di loro pur tanto diversi, che abbiám dovuto presto riconoscere la impossibilità di segnarli sulla carta geologica senza farla divenire una carta petrografica; cosa che crediamo a suo tempo riescirà relativamente meno difficile agli egregi rilevatori del Comitato geologico, i quali operano sopra una ben diversa base topografica.

Abbiám fatto eccezione per due tipi litologici, l'uno dei quali è notevole per estensione e costante diversità d'aspetto, almeno complessiva, e l'altro per la spiccata diversità litologica, che non permette dubbi di interpretazione: vogliamo dire gli scisti di Fobello e Rimella, e i calcari.

I primi, che vennero già distinti nella carta Gerlach come *micascisti*, determinazione poco esatta, e dal Parona detti *gneiss talcosi*, *scisti talcosi* e *scisti sericitici*, furon pure da noi tenuti distinti sulla carta dal resto del gneiss della Sesia, al quale crediamo siano in massa equivalenti, per il loro aspetto macroscopico, ch'è sempre o quasi sempre filladico o di sericitescisto, benchè il microscopio riveli in modo non dubbio la loro derivazione per intensa laminazione da forme identiche a quelle tipiche del gneiss Sesia, forme che vi si trovano pure intercalate a vari livelli con la struttura originaria discretamente conservata. Non crediamo di andare lungi dal vero affermando che la resistenza del massiccio basico ad Est fu la causa principale di questa laminazione marginale più intensa della formazione che attualmente ci interessa, laminazione che divenne massima là dove la zona gneissica assottigliata si trovò compresa tra le due zone eruttive basiche.

Quanto ai calcari, se vogliamo escludere i gneiss calcitici che non sono scarsi, la loro diffusione appare limitata ad una zona N. O. che segue da presso il confine con le maggiori masse di pietre verdi, e ad altri più scarsi affioramenti, tutti prossimi a masse prasinitiche o altrimenti riferibili alle pietre verdi, e per lo più così notevoli da lasciar supporre non impossibile un ritorno d'affioramento di tale zona inferiore. Come abbiain fatto rilevare nella parte petrografica, essi sono spesso più puri di quelli del gneiss Strona, talora candidi o statuari; tra gli elementi accessori domina l'anfibolo verde.

La profonda differenza di interpretazione che il lettore avrà notato tra noi e l'egregio nostro predecessore ed amico prof. Parona a proposito di questa formazione, ci costringe a qualche linea di giustificazione. Infatti, mentre Parona ammette la equivalenza della formazione gneissica ad occidente della zona eruttiva con parte di quella ad oriente, cioè col micascisto sillimanitico e forme ad esso associate, noi, tornando alla divisione del Gerlach, intendiamo il gneiss-Sesia e il gneiss-Strona secondo, presso a poco, i limiti di quest'ultimo autore, e stimiamo che la maggior fascia di rocce eruttive sia il limite tra le due formazioni non equivalenti. Riservandoci di trattare più tardi la questione tectonica, osserveremo qui solo come tra le due formazioni dal punto di vista petrografico non sia assolutamente possibile alcun riavvicinamento. Vediamo infatti che:

a) — La tinta d'insieme nel gneiss-Strona è bruno violacea, sempre calda, mentre nel gneiss-Sesia è grigio-chiara verdastra, fredda.

b) — Nel gneiss-Strona è frequentissima, spesso copiosa la sillimanite, che manca nel gneiss-Sesia completamente.

c) — Nel gneiss-Sesia è abbondantissimo l'epidoto-zoisite, che è invece scarso e subordinatissimo nelle forme gneissiche e micascistose del gneiss-Strona.

d) — Nel gneiss-Strona prevale la biotite, che ha la tinta bruna caffè, mentre nel gneiss-Sesia predomina grandemente la muscovite verde, e la biotite è pure bruno-verde; nel gneiss-Strona la muscovite non è mai verde.

e) — I feldspati del gneiss-Strona sono spesso, quasi sempre anzi, prevalentemente sodico-calcici, di media basicità (oligoclasio-labradorite): nel gneiss-Sesia tra i plagioclasti non è presente che l'albite, associata al microclino.

f) — Clorite e anfiboli verdi sono comuni nelle forme del gneiss-Sesia, mentre sono rari o mancano affatto nei micascisti o gneiss della Strona.

g) — Il carattere degli interstrati basici è prasinitico nel gneiss-Sesia, mentre nel gneiss-Strona è pirossenico granulitico o anfibolitico-dioritico.

h) — Al contatto con le rocce eruttive basiche nel gneiss-Strona si osservano forme metamorfiche a cordierite, mentre nel gneiss-Sesia non esistono o non sono più riconoscibili.

i) — Le forme massicce a microclino e albitico-quarzifere, così importanti e diffuse nel gneiss-Sesia, mancano affatto nel gneiss-Strona.

l) — Gli interstrati e i banchi calcari sono diversi per aspetto e composizione mineralogica nelle due formazioni.

Anche riguardo alle forme massicce del gneiss-Sesia vari sono i pareri degli Autori che le hanno studiate. Il Gerlach le chiama *granitische Gneisse* e le trova alquanto analoghe al *protogino* del Monte Bianco; egli distingue le due varietà principali, quella di Boccario ricca di quarzo, e quella di Molia, essenzialmente feldspatica, le quali corrispondono al-

l'incirca alle due varietà prime da noi istituite: della varietà dioritica di Campello in Val Sorba nè egli nè altri fa cenno. L'analogia delle nostre forme granitoidi col protogino è certo superficiale, e limitata all'essere esse, come quello, masse eruttive acide, più o meno modificate da azioni dinamiche che le hanno in parte rese scistose, rendendone incerti i confini con le masse includenti. È certo però che tale analogia è più forte e più sicura che quella abbozzata dal Parona, il quale crede che queste rocce possano essere considerate come "*rappresentanti del gneiss d'Antigorio e fors' anche del così detto gneiss centrale*". Quanto al gneiss d'Antigorio, sulla cui natura eruttiva dividiamo perfettamente le idee dello Schardt (46), nelle quali ci confermò un accurato esame della Val d'Antigorio e del Sempione, crediamo che il solo esame superficiale basti a persuadere come le nostre rocce del gneiss-Sesia non gli somiglino affatto. Anche per il così detto gneiss centrale, per quanto noi possiamo dirne dai campioni del classico *elissoide* del Gran Paradiso, e dalle descrizioni petrografiche dei rilevatori del Comitato geologico, noi crediamo che esso ad un altro gruppo di rocce della nostra regione debba piuttosto venire equiparato, e cioè alle forme più massicce del gneiss-Rosa. Del resto, sotto il nome di gneiss centrale sono stati forse riuniti i prodotti di vari tipi di rocce granitoidi, precisamente come le forme massicce del gneiss Sesia vanno riferite geneticamente ad almeno tre o quattro tipi litologici; e data, come crediamo si sia condotti ad ammettere necessariamente, la loro primitiva natura eruttiva, è quasi tolta ogni importanza a questi studi di confronto tra forme così distanti fra loro, e appartenenti a centri eruttivi diversi.

Per stare nei limiti delle formazioni che ci interessano, e tutt'al più seguirle nelle regioni confinanti, diremo solo che dissentiamo anche dal Traverso, il quale, almeno a quanto apparisce dalla carta, ritiene il gneiss-Sesia equivalente al gneiss-Rosa, e l'uno e l'altro riunisce sotto il nome di gneiss scistoso. Ora, il gneiss-Monte Rosa equivale certo alle forme classiche del gneiss scistoso, quali si possono vedere a Beura, a Cardezza, e in tante altre località dell'Ossola; ma il gneiss-Sesia, che forse il Traverso non ha avuto campo di studiare a fondo, è affatto distinto, petrograficamente come geologicamente: esso penetra nell'Ossola già fortemente assottigliato, e in questa regione mancano le sue forme tipiche, mentre prevalgono le forme intensamente laminate, che ristrette a cuneo, vengono poi a cessare affatto e non arrivano forse a traversare la Val Vigizzo.

In complesso, noi crediamo che questa formazione del gneiss-Sesia sia costituita in parte da para-gneiss, come sembrano comprovare anche i numerosi banchi calcari che seguono un allineamento regolare, e in parte da rocce massicce granitiche, sienitiche, dioritiche, porfiriche e forse diabasiche, in banchi, filoni-strati e piccoli laccoliti, originariamente anche in filoni, il tutto energicamente modificato da azioni dinamometamorfiche, le quali non rispettarono che le parti più massicce delle rocce eruttive e produssero nuove forme scistose di orto-gneiss e prasiniti, cancellando anche per non poco il carattere primitivo dei para-gneiss, e determinando nuovi piani di scistosità i quali nulla hanno che vedere con la originaria stratificazione, della quale forse nemmeno le tracce sono conservate; e tale formazione riteniamo equivalente a quella che i geologi operatori del Comitato chiamavano fino a poco tempo fa col Gastaldi *zona o regione dei gneiss minuti e micascisti*, direttamente sovrastante alle zone dei calcescisti e delle pietre verdi, che formano in qualche modo la scorza del così detto gneiss centrale, o, meglio, gneiss biotitico, più o meno granitoide.

(46) H. SCHARDT. *Gneiss d'Antigorio*. Arch. d. sc. phys. et natur. Lausanne, 1893.

L'analogia litologica delle forme scistose del gneiss-Sesia con le forme normali di questo orizzonte delle Alpi occidentali è grandissima, e si può quasi dire perfetta quando si completi con quella dei banchi di rocce verdi prasinitiche e dei micascisti che subordinatamente vi compariscono; perfino nei calcari v'è analogia, poi che, com'è noto dai lavori degli egregi colleghi del comitato, in questa zona nelle Alpi occidentali sono rari i calcescisti e frequenti i banchi marmorei o di calcari cristallini. Nè l'analogia è diminuita per la presenza di altri banchi di rocce massicce granitiche o porfiriche più o meno laminate: è noto infatti che lo Stella, in Val Varaita, nella regione delle pietre verdi, ebbe a trovare intercalate in banchi alternanti coi micascisti, rocce per aspetto e composizione microscopica molto simili a quelle varietà di così dette *besimauditi* che furono da vari autori riconosciute come porfidi granitici laminati (47). Questa dichiarazione, data la ormai riconosciuta età mesozoica delle pietre verdi, e qualunque possa essere la posizione cronologica relativa dei gneiss minuti rispetto alle vere pietre verdi, equivale a dire che noi riteniamo recente tutta la formazione del gneiss-Sesia, e ancora una volta dissentiamo dal parere dei nostri predecessori.

Vero è che il Gerlach con pochi tratti ha delineato la tectonica di questa formazione come quella che sembra avere per motivo fondamentale, almeno in apparenza, una vasta sinclinale: "*In den nördlichen Streifen von Brusson bis Rima zeigt sich nur Südfallen und Auflagerung des Gneisses auf die jüngern Schiefer, gegen die Mitte hin aber legt sich das stärker krystallinische Gestein fast horizontal, und unterhalb Mollia senken sich die Schichten nördlich. Dieses nördliche Einfallen herrscht vor dem Südrande, ecc.*" (48). Ma il Parona la intende altrimenti, e dichiara che "*verso il M. Rosa la pendenza è prevalente verso Nord, e sul confine orientale gli pare, contrariamente a quanto ha scritto Gerlach, che si osservi di frequente l'inclinazione a S. E. Parrebbe quindi che la movenza generale di questo terreno sia quella di una grande volta, ecc., ecc.*". E altrove egli dice che "*questa formazione verso Nord scompare sotto i terreni più recenti del massivo del M. Rosa, e verso N. E. ed E. sotto le rocce anfiboliche e sotto i talcoscisti di Fobello*" (49).

Senza far torto all'egregio amico, noi crediamo che qui forse un poco di preconcetto abbia avuto parte in queste sue osservazioni; e particolarmente la presunta analogia delle forme massicce a microclino di Mollia e Campertogno col gneiss centrale, forme ch'egli era così indotto a ritenere rappresentanti l'orizzonte più profondo della regione e che perciò era logicamente tratto a supporre collocate al centro di una volta grandiosa. A parte che tali forme massicce, con quarzo e senza quarzo, affiorano in vari punti della regione, anche molto eccentrici, come sopra Fobello, sopra Rima verso il passo d'Orchetta, in Val di Carcoforo, in Val di Rassa, all'Alpe Lago Nero e in altri punti del Corno Bianco, esse alternano così regolarmente e ripetutamente con le forme scistose, che non si possono ritenere in alcun modo più profonde di queste; nè si limitano ai fondi di valle, ma costituiscono pareti elevate e cime di rispettabile altezza.

Certamente gli andamenti stratigrafici sono tutt'altro che costanti in questa formazione, la cui tectonica crediamo assai più complicata di quanto all'osservazione superficiale possa parere. Intanto in Val Grande, alle falde E., S. e O. del M. Ventolaro e delle sue propaggini, cioè in tutto il vasto triangolo Balnuccia-Scopello-Mollia, a contatto con le rocce massicce basiche, si ha una notevole costanza di andamenti e di inclinazione, con

(47) A. STELLA. *Sul rilevamento geologico eseguito nel 1894 in Valle Varaita*. Boll. del R. Com. geol. 1895, pag. 33-34.

(48) Op. cit., pag. 120.

(49) Op. cit., pag. 33-34.

lievi oscillazioni tra N. 25° E. e N. 40° E. con inclinazione sempre a N. O. Qui dunque la massa scistosa copre decisamente la eruttiva. Ma appena oltre il Ponte di Isoello si ha subito N. 60° O. incl. a S. O. e subito dopo, a Riva e oltre, sul fianco destro come sul sinistro N. 50°-70° E. incl. costante a S. E. Cioè si ha evidente addossamento alla massa del M. Rosa. La massa della Cima Carnera è anch'essa un esempio evidente della inclinazione degli strati, che si sovrappongono al Tagliaferro, costituito per gran parte di pietre verdi, e che mantiene sempre lo stesso addossamento al Turlo. Tra Rima e Rima S. Giuseppe, e anche alquanto più in basso, si ha sempre chiara la inclinazione a S. E.; così sopra Carcoforo, fino alle pietre verdi, sulle quali sempre si adagia il gneiss-Sesia in perfetta concordanza. Più a N. O., verso il Col d'Egua e Baranca, la pendenza degli strati aumenta rapidamente, fino a drizzarsi alla verticale, e scendendo per l'alta Val Mastallone si ha un leggero rovesciamento, il quale fa sì che tutta la massa del gneiss-Sesia con gli scisti di Rimella e Fobello formino un fascio di pieghe isoclinali, con deciso ed evidentissimo addossamento alla zona basica. Gli andamenti negli scisti di Fobello e Rimella sono sempre chiari e sicuri; tra S. Gottardo e il Colle di Campello si possono ripetere le misure, con risultati costanti: N. 30°-45° E. incl. di 40°-50° a N. O. Nei dintorni dell'Alpe Capezzone l'oscillazione è maggiore, da N. 10° E. a N. 60° E. però con inclinazione sempre a N. O. Sopra Rimella, a S. Antonio, N. 60° E. incl. di 50° a N. O. In concordanza con questi andamenti si ha, sopra la Cascata di Baranca, N. 45° E., incl. a N. O., andamento che con non gravi oscillazioni seguita fin sotto Fobello. Ora, come fa il Parona a dividere gli scisti di Rimella e Fobello dal gneiss-Sesia, e a giustificare questa divisione adducendo *“la posizione stratigrafica di queste rocce, superiore alla zona anfibolica”* (50)? Ma il gneiss-Sesia è alla sua volta superiore tectonicamente agli scisti di Fobello e Rimella! Noi crediamo che qui si tratti di una stretta sinclinale rovesciata, a S. E., sinclinale che con pari rovesciamento si ripete sopra la seconda zona eruttiva basica, che qui affiora per abrasione della volta di riunione delle due sinclinali. All'infuori di questo punto, dove il rovesciamento è evidente, in tutta la parte Nord del gneiss-Sesia l'addossamento al Rosa è sicuro, come del resto si vede benissimo lungo la cresta P.^a Giordani-Olen-Straling fino alla Valdobbia; l'asse di questa valle corrisponde all'incirca all'asse di una prima sinclinale, com'è chiaro dalle opposte inclinazioni sui due fianchi della valle; a questa sinclinale segue verso S. E. nelle parti orientale ed occidentale della regione una serie di pieghe isoclinali, con costante pendenza a N. O., mentre la parte centrale, rispondente alla Val Piccola, è corrugata più minutamente e irregolarmente, per modo che si ha una straordinaria mutabilità negli andamenti, i quali difficilmente riescono ad esprimere qualche cosa di più che gli effetti di un disturbo locale.

IV. - Pietre verdi.

Questa formazione, che occupa nella nostra regione una zona relativamente assai esigua, vi penetra dalla valle di Gressoney, dove al contrario è largamente sviluppata; essa forma una fascia non interrotta, che segue immediatamente a N. O. e a N. le forme del gneiss-Sesia, e divide questo dalla massa del gneiss-M. Rosa. Come sappiamo già, molti interstrati verdi, a guisa di amigdale o di lenti, esistono anche nei gneiss minuti

(50) Op. cit., pag. 65.

della formazione precedente, dalla quale infatti quella delle pietre verdi non è divisa con un distacco netto, ma da un passaggio graduale, tanto che i limiti delle due zone sono alquanto incerti, e in certo senso soggettivi.

Oltre alla zona principale, abbiamo creduto di dover riferire a questa formazione altre masse affioranti tra mezzo al gneiss della Sesia, masse di cui parleremo poi, limitandoci per ora a trattare di quel lembo che, come abbiamo detto, entra in Val Sesia dal tratto di crinale che corre tra la P. Giordani e il Colle di Zube, diretto da N. O. a S. E., è inciso dall'alta Val Sesia presso Alagna per circa tre chilometri, e qui descrivendo un gomito volge verso N. E., a formare la massa del Tagliaferro, quindi, via via più ristretto, sempre con la stessa direzione, taglia la Valle di Rima tra Rima e S. Giuseppe, e, ridotto ormai sottilissimo, penetra nel circo di Carcoforo, che taglia poco sopra questo paese, e seguendo poco a N. la strada del Colle d'Egua, entra nell'Ossola, dove non siamo lontani dal credere si riespanda, senza prima interrompersi, in Val Antrona e in Val Bognanco.

Essa ha quindi, stando alle nostre ricerche, qualche maggiore estensione e continuità di quel che non apparisca dalle carte Gerlach e Parona; così secondo questi autori la strada da Alagna al Colle di Mud è quasi interamente nel gneiss del Rosa, mentre invece le pietre verdi, con tipiche serpentine, seguitano fino sopra l'altezza dell'Alpe Vengli, e, più o meno caratteristiche, costituiscono quasi tutta la massa del Tagliaferro, più di quanto non sembri guardando questo dal Colle di Mud, verso cui son rivolte le testate degli strati con pendenza a S. E., per modo che se ne tocca la sola parte più profonda. Del pari verso S., Otro e il Belvedere d'Alagna sono ancora entro alle più tipiche pietre verdi, che seguitano fino quasi a Veng, alternando con forme gneissiche le quali diventano poi predominanti. Non comprendiamo però la ragione nè la possibilità tectonica di quella propaggine che le pietre verdi mandano verso Sud nella carta del Parona.

La variabilità di forme litologiche che costituiscono questo complesso è, come sappiamo, grandissima, ed è ben difficile dare un'idea dello sviluppo e della estensione occupata da ognuna di esse.

La più tipica, quella che si osserva in tutta la lunghezza della zona, è una forma cloritica, che noi appunto abbiamo chiamato prasinite cloritica od ovaridite. Questa si può raccogliere con discreta costanza di aspetto e di composizione presso l'Olen, al Belvedere d'Alagna, alla Montasca tra Mud e Rima, sotto Rima, tra Rima e Carcoforo, tra questo paese ed Egua, e tra il Colle d'Egua e Baranca: cioè lungo la intera fascia principale.

Costantemente associata all'ovaridite e con lei strettamente connessa geologicamente, benchè petrograficamente tutta diversa, è un'altra forma litologica, grandemente caratteristica di questa formazione, e cioè il calcescisto grigio nerastro: questa roccia, grafitosa, passante da micascisto calcitico fino a calcare quasi puro, a struttura pellicolare ondulata, alterna invariabilmente con la forma ovariditica dianzi descritta: banchi grossi dell'una e dell'altra roccia si possono osservare sulle pareti del vallone dell'Olen, specie sulla destra, quasi in faccia al Sasso del Diavolo; più in su ricompare in più fitta e sottile alternanza tra la sella dell'Olen e la base del Corno Rosso; questo, serpentinoso, è ancora, sulla vetta, coronato da un avanzo dei medesimi scisti, i quali riprendono poi al di là la solita alternativa e continuano fino al Colle di Zube. Questa zona di forme tipiche prosegue assottigliata verso Est, ma non sembra arrivare fino al fondo della valle principale. La stessa serie caratteristica, con forme anche petrograficamente identiche, abbiám trovato da Carcoforo al Colle d'Egua e tra Egua e Baranca, sempre al limite tra il gneiss-Sesia e il gneiss-Rosa, i quali non sono qui separati che da questa sottile striscia di pietre verdi,

la cui potenza nella carta è stata necessariamente alquanto esagerata. Presso l'Alpe Egua, col calcescisto nero alternano anche, subordinatamente, scisti calcareo-dolomitici bianco-giallognoli, poveri di mica.

Altre rocce verdi molto diffuse, ma assai varie di aspetto e di composizione, sono gli scisti anfibolici, i cui diversi tipi abbiamo descritto nella parte petrografica; a tipi feldspatici, prasinitici, si trovano associati termini veramente anfibolitici, compatti, e anche rocce a grandi elementi d'actinolite; questi ultimi in prevalenza vicini al margine, o alternanti coi serpentini. Dell'olenite del Corno del Camoscio abbiám già trattato diffusamente altrove. Si associano alle rocce anfiboliche le eclogitiche, delle quali pure abbiamo parlato in modo abbastanza particolareggiato; anch'esse costituiscono uno dei tipi litologici più caratteristici di questa formazione; sembrano però essere localizzate nella sua parte occidentale.

Da ultimo, tra le vere rocce verdi, vanno citati i serpentini, i quali, pur non presentandosi nella nostra regione con quelle masse vaste e potenti che sono così numerose nelle Alpi occidentali, si possono tuttavia dir frequenti. Talvolta quasi puri, e decisamente scistosi, talaltra alternanti con scisti cloritici o actinolitici, essi osservansi così alle falde del Corno del Camoscio, in Valle di Mud, in Val Sesia sotto Alagna, alla Bocchetta di Moanda a S. del Tagliaferro, ecc.; non abbiamo segnato sulla carta che le masse di più rilevante potenza. Assai più puro e massiccio è quello che forma il Corno Rosso, compreso, come sappiamo, nell'ovardite e nei calciscisti; questa però non è che una sottile apofisi della maggiore massa che occupa tutto il fondo della Valle di Gressoney, intorno a La Trinité. La più notevole massa serpentinoso è quella dello Stoffel, già esattamente delimitata dal Gerlach, e notevole per la incompleta serpentinnizzazione dei minerali originali, tra cui prevale l'olivina: proprio in vetta allo Stoffel si possono raccogliere nel serpentino, che là alterna un po' con forme cloritiche ed anfiboliche, dei noduli di olivina, grossi come noci, composti di un solo individuo cristallino, inalterato. Questo serpentino dello Stoffel è poi notevolissimo per la sua posizione geologica: esso infatti riposa direttamente sul gneiss del Rosa, anzi per gran parte sul tipico ghiandolare delle Pile e di Bors, e divide quindi per gran tratto da questa formazione la zona dei micascisti granatiferi che noi abbiamo ascritto alle pietre verdi.

Tali micascisti granatiferi, i quali, come tutte le pietre verdi, penetrano nella nostra regione da occidente, restringendosi rapidamente verso oriente a mo' di cuneo, per cessare ben presto, si possono osservare nel loro sviluppo più tipico da poco oltre l'Olen, verso Cimaiegna e di qui allo Stollenberg e oltre, lungo la cresta che sale alla Punta Giordani, e divide il ghiacciaio di Indren da quello di Bors; come pure discendendo dalla Capanna Vincenzo nel Vallone delle Pisse, fino alla Bocchetta delle Pisse che mette nel Vallone dell'Olen. La forma di micascisto riccamente granatifero è la più comune e caratteristica; ma con essa alternano forme più gneissiche, e vi sono poi sempre più o meno frequenti, talora abbondantissimi, gli interstrati verdi, come sulla cima e alla base dello Stollenberg, ridotti talora a lenti o amigdale anfibolitiche o eclogitiche a glaucofane, come presso i laghetti di Cimaiegna: queste forme verdi sono identiche a quelle della zona tipica, e non permettono dubbio alcuno sulla continuità del micascisto con le altre forme, e sulla assoluta opportunità di tenere l'uno e le altre riuniti in un'unica formazione.

Notevoli da ultimo, per la singolarità dell'aspetto, che le distingue nettamente da tutto il resto di questa zona, sono certe quarziti micacee, piuttosto scistose, che in banchi poco potenti e, pare, interrotti, si osservano al limite tra le rocce verdi e il ghiandone del Rosa,

dove cessa il serpentino dello Stoffel, cioè tra Cà all'Oro e l'Alpe Mud. Se questa roccia stia qui a rappresentare quei banchi di quarzite che nelle Alpi occidentali furono ultimamente riferiti al trias inferiore e che dividono appunto spesso le pietre verdi triasiche e liasiche dai gneiss sottostanti, non siamo malauguratamente in grado di poter dire, mancandoci ogni criterio fondamentale di apprezzamento cronologico assoluto.

Un apprezzamento dell'età di tutta questa formazione, poichè non siamo stati fortunati abbastanza per poterci fondare sul criterio paleontologico, non si può far che per via di confronti. E il confronto dimostra nel modo più sicuro che queste forme sono, non solo analoghe, ma identiche a quelle pietre verdi delle Alpi occidentali, che in seguito ai recenti studi dei rilevatori del Comitato geologico (51) vanno riferite complessivamente al trias ed al lias.

Petrograficamente si tratta in parte di rocce prodotte per dinamometamorfismo da diabasi, gabbri e peridotiti; di queste ultime rocce restano gli avanzi caratteristici; per le altre non si può trattar che di induzione, nè si può quindi escludere in modo assoluto che anche dei tipi dioritici esistessero tra le rocce massicce originarie, benchè questo all'esame dei fatti riesca meno probabile. Chi voglia confrontare queste rocce verdi con quelle prodotte per laminazione al margine della zona eruttiva basica, troverà che in complesso l'analogia è piuttosto limitata; così tra queste ultime mancano i serpentini, le eclogiti, le prasiniti cloritiche pure, le oleniti e parecchie altre, mentre dominano i termini anfibolico-zoisitici. Anche tra le peridotiti della zona massiccia, in cui sono abbondanti i pirosseni trimetrici, e l'orneblenda è bruna, e quelle delle pietre verdi, in cui manca o è scarso il pirosseno trimetrico e prevalgono gli anfiboli, specie l'actinolite, coi caratteri di minerale originario, si posson notare sensibili differenze. Questi ed altri caratteri che risultano dallo studio microscopico delle une e delle altre, e si prestano meno ad una esposizione riassuntiva, ci persuasero essere probabile che le rocce massicce originarie delle pietre verdi siano state originariamente diverse, almeno petrograficamente, da quelle che formano le due zone basiche più orientali.

Quanto ai fenomeni di contatto esercitati sulle primitive masse scistose dalle intercalazioni serpentinosi, diabasiche, ecc., siamo col Franchi (52) costretti a convenire che non se ne può osservar traccia sicura; ma come si potrebbero trovare, se perfino la natura massiccia e la originaria struttura e composizione mineralogica di tali masse fu interamente distrutta dal dinamometamorfismo?

Venendo ora a considerare l'andamento stratigrafico generale di questo terreno, dobbiamo anzitutto riconoscere la sua concordanza con quello del gneiss-Sesia; nella parte più occidentale, nel vallone dell'Olen, si ha una direzione prevalente N. 70° — 80° O. con inclinazione non molto forte a S., cioè evidente addossamento al Rosa; questo continua nella zona del micascisto, però con evidenti contorsioni locali; una piccola e dolce curva anticlinale è accennata nel micascisto tra il C. del Camoscio e lo Stollenberg; più in su verso il M. Rosa riprende l'addossamento a N., e solo più in alto gli strati piegano per direzione fino a quasi N. S. con incl. ad Ovest: andamento concordante col sottostante gneiss-M. Rosa del circo terminale della Sesia. Più ad Est, nella valle principale, prevalgono andamenti, sempre assai chiari e sicuri, oscillanti fra N. 50° E. e N. 80° E., con incli-

(51) S. FRANCHI. *Sull'età mesozoica della zona delle pietre verdi nelle Alpi occidentali*. — Boll. Comit. geol. 1898, n. 3 e 4.

(52) Op. cit.

nazione mediocre ma costante a S. E. e S. Tale andamento continua verso Est, piegando dolcemente, così che sotto Rima si ha N. 45.° E con incl. a S. E. In Valle di Carcoforo l'andamento è presso a poco lo stesso: solamente la inclinazione si fa maggiore, e si ha ripetutamente N. 50° E. con inclinazione verso S. E., la quale si va facendo sempre più forte, fin che, tra l'Alpe Egua ed il passo, gli strati sono eretti alla verticale.

Le pietre verdi stanno adunque sotto al gneiss-Sesia e si addossano al gneiss-Rosa, nè possiamo concordare col Parona, il quale dice che questa formazione giace sul gneiss Sesia, come non possiamo ammettere come provato quanto egli dice, che cioè i micascisti granatiferi da noi compresi in questa formazione siano affatto corrispondenti a quelli del Motterone: per una affermazione di questo genere ci manca ogni criterio tectonico sicuro, e di analogia petrografica non ci pare che esista traccia. Si potrebbe ritenere questa formazione intera superiore al gneiss-Sesia solo quando questo fosse supposto piegato a ventaglio anticlinale complesso, rovesciato quindi da un lato sopra una stretta sinclinale di pietre verdi, essa pure rovesciata. Ma i passaggi che esistono tra le pietre verdi e il micascisto granatifero, il quale include banchi di gneiss albitico e lenti di eclogiti a glaucofane, nonchè strati di anfiboliti identiche a quelle delle vere pietre verdi, fa sì che le due masse non si possono disgiungere, e allora le due ali della sinclinale verrebbero ad essere così diverse una dall'altra che l'ipotesi ne è resa estremamente difficile ad accettare. Di più, esistono passaggi litologici completi anche tra il micascisto e il gneiss del M. Rosa, passaggi che ostacolano la ammissione dell'ipotesi di una faglia tra le pietre verdi e il gneiss Rosa medesimo, faglia che sarebbe pur necessaria per spiegare la sparizione ad Ovest del gneiss-Sesia, e il contatto di questa sinclinale di pietre verdi con due formazioni molto diverse.

D'altra parte, allo stato attuale delle nostre cognizioni, queste ipotesi artificiose ci paiono estremamente inutili, anzi piene di pericoli, perchè turbano la serena constatazione dei fatti stratigrafici positivi, e possono contribuire solo a mascherare la nostra ignoranza, e diminuire la serena imparzialità delle ricerche ulteriori.

Oltre alla fascia principale, la quale, come abbiám visto, divide le due masse gneissiche della Sesia e del Rosa, altri non meno caratteristici lembi di pietre verdi compariscono qua e là entro al gneiss-Sesia, senza contare le minori masse che, come lenti ed amigdale, sappiamo esservi disseminate in gran copia, e che sembrano sfidare il geologo il quale voglia tenere nettamente distinte le due formazioni.

Per gran tratto della Valle di Valdobbia, e specialmente nella sua parte media e alta, le forme del gneiss-Sesia sono in molta parte sostituite da rocce verdi, scistose, con calcari, le quali spesso hanno una incontestabile rassomiglianza con quelle tipiche; anzi abbiamo descritto delle prasiniti di Peccia e dei dintorni dell'Ospizio, che per nulla differiscono dalle analoghe di Otro, di Rima e di Egua. Ma la delimitazione esatta di queste masse è resa difficile dai passaggi laterali, dalle sfumature che le collegano coi termini del gneiss-Sesia, prevalentemente albitici, e già d'ordinario traenti al carattere prasinitico; la posizione di queste masse pare essere superiore stratigraficamente a quella della zona principale e avvalorà il concetto che una separazione netta petrografica e cronologica tra le due formazioni è difficile e forse non conveniente. Tuttavia per la estensione di tali forme verdi abbiamo creduto necessario segnarle schematicamente sulla carta con la tinta generale di questa formazione.

Più vasta è l'area occupata dalle pietre verdi e forme da noi ritenute equivalenti nelle valli Artogna, Gronda e Sorba. Nella parte alta di queste tre valli, generalmente con la

intromissione di banchi di roccia verde più o meno caratteristica, al gneiss della Sesia succedono dei micascisti granatiferi, i quali per l'aspetto e la composizione sono così perfettamente analoghi a quelli del Vallone delle Pisse, che abbiamo creduto necessario riunirli a questi anche nella descrizione petrografica. L'analogia è resa più completa dagli interstrati verdi che questi micascisti contengono: interstrati di natura spesso eclogitica, ricchi talora in glaucofane, identici a quelli dello Stollenberg. Anche la fascia di scisti, per lo più anfibolici, o essi pure eclogitici, che cingono questa vasta zona micascistosa, è talvolta così potente, che non si può negarle un valore geologico; l'alta Val Sorba, che la traversa di sbieco, è uno dei punti dove meglio si possono studiare queste forme anfibolitiche, eclogitiche o prasinitiche, con calcari, dei quali quello purissimo del Massucco è un esempio notevole. L'andamento in questi micascisti non è mai nè chiaro nè costante; ma parrebbe concordare grossolanamente con quello delle pieghe isoclinali della parte meridionale del gneiss-Sesia. È difficile poter affermare con sicurezza quello che per induzione pare a noi non improbabile: che si tratti di una anticlinale rovesciata di questa formazione, affiorante tra il gneiss-Sesia, sotto il quale si tuffa poi verso N. E. e dal quale è separata, da questa parte, per mezzo della roccia dioritica di Campello, e delle sue forme di laminazione, che potrebbero star qui a rappresentare le pietre verdi, ordinariamente interposte tra le due formazioni.

Notevolissima è poi la massa peridotitica che affiora, per qualche centinaio di metri, tra gli strati micascistosi al disopra dell'Alpe Giarre, nell'alta Val Artogna, presso la cresta divisoria con la Val Gronda; questo affioramento, visibile già da lungi per il colore rossastro-ocraceo caratteristico, fu già da noi descritto altrove completamente per quel che ha riguardo alla composizione della roccia: noteremo ancora qui la diversità litologica che distingue questa lherzolite da quella di Balmuccia, cui pure somiglia alquanto ad occhio nudo; diversità consistente nella natura dell'anfibolo, ch'è di natura actinolitica e di color verde chiaro, come in certe serpentine lherzolitiche dello Stoffel, mentre in quelle della zona eruttiva basica principale si tratta sempre di orneblenda bruna.

V. - Gneiss-Monte Rosa.

La massa gneissica che già dal Gerlach fu chiamata dal nome del colosso del quale essa forma la ossatura profonda, non occupa che un'area relativamente esigua nella nostra regione; partendo da quel tratto del fianco S. E. del M. Rosa ch'è rivestito dai ghiacciai delle Piode e delle Vigne, questa formazione prosegue verso E. occupando il margine N. O. e N. della Valsesia, fino al Pizzo Tignaga; poco più a S. di questo, verso il Colle d'Egua, essa scompare dall'area che ci interessa. Sono adunque incisi nel gneiss del Monte Rosa, oltre al circo terminato della Sesia, anche il circo di Rima, e gran parte di quello di Carcoforo; dalla P. Gnifetti al Turlo, al Pizzo Montevecchio, al Pallone del Badile, al Tignaga, tutto l'aspro crinale che divide il bacino idrografico della Sesia da quello dell'Anza è costituito dalle forme di questo orizzonte. La formazione è costantemente divisa dal gneiss della Sesia per mezzo della fascia di pietre verdi interposte, e anche là dove l'assisa inferiore di queste è rappresentata da micascisti granatiferi e gneiss minuti, per buon tratto il gneiss del Rosa ne è separato per mezzo della lunga fascia segnata dal serpentino dello Stoffel. È adunque molto sensibile la differenza nel tracciato di questo confine tra la nostra carta e quella del

Parona, differenza che noi riteniamo causata dalla difficoltà di apprezzare un complesso orizzonte gneissico senza il corredo dello studio microscopico di numerosi campioni.

Le forme litologiche che costituiscono questa massa sono tuttavia assai meno varie per aspetto e composizione di quel che non siano quelle delle due formazioni immediatamente soprastanti. Il tipo più caratteristico, ma non il più diffuso, è quello di un gneiss *occhiadino*, quasi un ghiandone, ricco di biotite bruna, porfiroide per grossi cristalli di ortose, biancastri, geminati secondo Karlsbad. Questa forma non costituisce però un' assisa ben definita a una determinata profondità, ma si trova alternante con le forme minute, alle quali fa graduale passaggio. Come sappiamo dalle indagini petrografiche, si tratta di un tipo caratteristico di *orto-gneiss*, che conserva ancora molti caratteri strutturali di roccia eruttiva, e nel quale la scistosità per laminazione è oltremodo evidente: dei fenomeni dinamometamorfici che si presentano al microscopio abbiamo già altrove trattato diffusamente. Questo gneiss porfiroide che forma, alternando con gneiss scistosi, la parte più profonda del circo della Sesia, sale ad altezze notevoli, e lo troviamo così formare lo sperone roccioso al quale è addossata la Capanna Gnifetti (m. 3647); forme ghiandolari si trovano pure alla falda S. del M. delle Loccie, presso il Turlo, sopra Egua, salendo al Tignaga, ecc. Non si tratta sempre di veri ghiandoni caratteristici, ma di forme tipicamente ghiandolari, con interclusi di ortoclasio riconoscibili, benchè ridotti lenticolari e perifericamente intensamente frantumati.

Si passa così per gradi alle forme di gneiss scistosi, ricchi spesso d'albite, e sempre traenti a una tinta grigio-bruna o bruna per la costante presenza, in quantità notevolissima, della biotite inalterata. Affatto rari sono in questo orizzonte i tipi di gneiss chiari, con sola muscovite; se ne osservano però, come eccezione, salendo da Alagna al Turlo. Frequentissimo invece è il caso opposto: che le miche, e specialmente la biotite, prevalgano sensibilmente sugli altri elementi, e si arrivi così per gradi a forme micascistose, spesso riccamente granatifere, quali si possono osservare particolarmente frequenti e caratteristiche sopra Rima, verso il Colle del P.^o Altare e il P.^o Montevecchio. Forme quasi micascistose, ricche di muscovite e molto scistose sono pure quelle che, come ci è noto, costituiscono la punta Gnifetti; si direbbe quasi che il micascisto delle pietre verdi lungo la cresta dalla Gnifetti all'Olen si fonda gradatamente per passaggi insensibili col gneiss sottostante, così che in questo punto il limite tra le due formazioni, altrove così netto, è reso incerto e sfumato.

Poca diffusione hanno invece gli interstrati di rocce verdi, dei quali abbiamo dato a suo luogo una succinta descrizione: rari nel circo della Sesia, sono rarissimi altrove; ne osservammo anche fuori della nostra regione, sopra Macugnaga, ma sempre di scarsa potenza. In complesso adunque, dal punto di vista petrografico, la massa del gneiss-Rosa è non solo abbastanza uniforme, ma nettamente distinta da tutte le altre formazioni. I micascisti di Rima hanno, è vero, qualche superficiale rassomiglianza con quelli del gneiss-Strona, ma la mancanza di sillimanite nei primi, e la natura profondamente diversa dell'elemento feldspatico fa sì che al microscopio tale somiglianza scompaia: del resto nessuna traccia si ha nel micascisto appartenente a questa formazione di quegli interstrati di gneiss granulari, di calcifiri, di anfiboliti, di granuliti pirosseniche, ecc., che sono così caratteristici del micascisto della bassa Valsesia.

Altrettanto profonda è la differenza tra il gneiss-Rosa e il gneiss-Sesia: qui già l'esame superficiale e complessivo, oltre la tinta da una parte prevalentemente grigio-verdastro e dall'altra bruniccia; con la mica muscovite verde prevalente da un lato, mentre

dall'altro domina la biotite, e la muscovite non è verde; con l'abbondanza in una formazione dei banchi di prasiniti e di calcari, mentre nell'altra mancano affatto i calcari, e le prasiniti mancano o sono rarissime; con la presenza frequente e caratteristica nel gneiss-Rosa della tormalina nera, che manca costantemente nel gneiss-Sesia: è sufficiente a persuadere chiunque che, quantunque gli orto-gneiss non manchino nè di qua nè di là, e una certa analogia esista nell'elemento feldspatico, se si limita la comparazione a certi tipi, le due formazioni non hanno alcuna equivalenza tra di loro, nè hanno a che fare una con l'altra più di quanto nelle Alpi occidentali abbiano a che fare i gneiss biotitici relativamente profondi (gneiss detto già centrale del Gran Paradiso) coi gneiss minuti prasinitici che stanno sopra le pietre verdi.

Se volessimo far dei confronti, che riteniamo tuttavia prematuri, diremmo che appunto a certi tipi ghiandolari del gneiss-centrale, e particolarmente del Gran Paradiso, si possono paragonare le varietà più massicce del gneiss-Rosa. Ad ogni modo la rassomiglianza è maggiore di quella che non sia tra il gneiss del Gran Paradiso e il gneiss d'Antigorio, oppure tra lo stesso gneiss del Gran Paradiso e il ghiandone del Masino: rassomiglianze che, lo diciamo francamente, ci sembrano piuttosto frutto di un'idea preconcepita che non di un esame passionato del fatto petrografico.

Invece, come già Gerlach e Parona ebbero a riconoscere, è perfettamente identico al nostro, anzi non ne è che la continuazione verso N. E., il notissimo gneiss di Beura, sotto Domodossola, pure tormalinifero, spesso ghiandolare, e soprattutto decisamente *flaserig*, come la maggior parte delle varietà veramente gneissiche del Rosa.

L'andamento stratigrafico di questa massa gneissica è già stato oggetto di studio per vari autori, i quali tutti, anche i più recenti, concordano nel dire ch'essa si incurva a volta per formare l'ossatura del M. Rosa. La parte di questa formazione, e in genere del M. Rosa, che entra nel bacino idrografico della Sesia, è troppo poca cosa perchè noi possiamo, anche sconfinando alquanto, entrare in una discussione sulla tectonica del colosso delle Alpi Pennine: diremo solo quello che le nostre osservazioni ci permettono di affermare.

In massima si può dire che nella parte occidentale domina una direzione prossima a N. S. con inclinazione a O. S. O. Sui crinali scoscesi e sulle vette però l'andamento è spesso vario e poco sicuro: nel circo della Sesia si va da N. 35° O. incl. a S. O. fino a N. 20° E. incl. a O. N. O., con prevalenza del primo. Verso il Turlo si delinea già nettamente N. 45°-50° O. con incl. a S. O. Così continua verso Est, modificandosi lentamente; tra Rima e il Piccolo Altare prevale N. 70°-80° O. incl. a S. S. O.; questo cambiamento continua poi abbastanza regolarmente, fin che tra Egua e Baranca abbiamo N. 60°-70° E. verticali o quasi.

Se si eccettua questo rialzamento forte, nella massa gneissica del Rosa domina invece una pendenza mediocre, anzi talora piccolissima, che rende più incerta la determinazione degli andamenti: questi concordano con quanto ne dice il Gerlach, e l'esistenza della grande volta gneissica profonda ne risulta, per questo lato, confermata. Su questa si appoggiano le pietre verdi, come già si vede dallo spaccato del Gerlach, il quale, a nostro modo di vedere, è ancora oggi da ritenersi l'espressione genuina e sincera del fatto stratigrafico. Dunque pietre verdi e gneiss-Sesia riposano sopra questa massa profonda: ma non è problema facile a risolversi quello della esistenza o meno di una discordanza tra il gneiss profondo e le formazioni superiori. Ad Ovest, se discordanza c'era, è mascherata affatto dal micascisto granatifero, che si plasma come una scorza sul gneiss del

Rosa, e, sulla cresta che sale dal Col delle Pisse alla P. Giordani, ha già decisamente l'andamento di esso gneiss, mentre nel Vallone delle Pisse e nelle vicinanze dell'Olen è perfettamente concordante e interstratificato colle pietre verdi. Sopra Alagna, la morena e i detriti che coprono le falde rendono difficile un esame diretto del contatto, che avviene per mezzo di un banco di una quarzite micacea un po' scistosa, la quale sembra, a dir vero, concordante con l'una e con l'altra formazione: anzi è tormalinifera come il gneiss-Rosa. Una constatazione di discordanza a distanza non ha valore, perchè appunto tra S. Antonio, l'Alpe Iazza e Le Pile abbiám potuto misurare nel gneiss-Rosa andamenti così diversi e disparati che ogni conclusione che se ne traesse sarebbe per noi arbitraria. Più ad Est sembra che si possa constatare una discreta uniformità di andamento, e anzi, in qualche punto, tra Mud e il Tagliaferro, abbiám creduto di poter constatare una decisa concordanza. Certo questo non prova gran cosa rispetto alla concordanza originaria di tali formazioni, dato il predominio della scistosità secondaria sulla stratificazione primitiva, incerta o mancante nelle pietre verdi, le quali, non bisogna dimenticarlo, sono per gran parte il risultato della laminazione di rocce eruttive basiche.

Così pure per quanto ha riguardo all'età delle rocce formanti il gneiss del M. Rosa, ci manca ogni dato per affermare qualche cosa di preciso: certo il gneiss-Rosa è più antico delle pietre verdi che lo ricoprono, precisamente come il gneiss biotitico del così detto elissoide del Gran Paradiso è più antico delle pietre verdi, dei calcescisti e dei gneiss minuti che gli si addossano. In questi ultimi tempi il Bertrand, cui tanto deve la conoscenza della tettonica delle Alpi Occidentali, ha espresso, in modo dubitativo, la possibilità che il gneiss *centrale* del Gran Paradiso possa essere un rappresentante più profondamente metamorfosato di quel permo-carbonifero che più a Sud è rappresentato da rocce elastiche passanti a veri scisti cristallini e da besimanditi e rocce analoghe più o meno laminate. Ora, per quanto il Bertrand sia valente osservatore, e per quanto i nostri egregi operatori del Comitato geologico non si mostrino molto lontani dall'accedere a tal modo di vedere, diremo subito che questo metamorfismo ad oltranza ci pare alquanto ardito, tanto più che il carattere flaserig del gneiss del Gran Paradiso accenna piuttosto ad un orto che ad un paragneiss; nel caso nostro poi nè l'osservazione sul posto, nè lo studio petrografico possono fornire argomenti in appoggio ad una origine elastica del gneiss M. Rosa, della cui antichità sembrano essere convinti anche coloro, come il Bertrand, che non arretrano davanti all'età recente di un gneiss per il fatto della sua cristallinità. Del resto la questione dell'età e quella dell'origine non vanno confuse una con l'altra: qui si trovano ravvicinate solo per la comune oscurità che le involge.

CONCLUSIONI.

Chi abbia seguito fin qui l'esposizione delle nostre osservazioni e lo svolgimento dei concetti che ci siamo formati, sarà già persuaso della difficoltà che si oppone alla determinazione di una serie cronologica nella regione studiata. Pur tuttavia qualche criterio relativo siamo via via venuti fissando, che cercheremo qui di riassumere in brevi parole (53).

(53) Vedi la tavola di profili geologici: in questi le tinte delle diverse formazioni sono le stesse usate nella carta; solo per maggiore eleganza di esecu-

zione le tinte del gneiss-Strona (zona orientale) e del micascisto granatifero furono punteggiate anzichè tratteggiate.

Per tenerci alla parte orientale della regione, quella cioè che sta ad Est della zona eruttiva basica, noi abbiamo descritto la formazione del gneiss-Strona come una potente anticlinale, il cui asse passa per la direzione d'allungamento della zona micascistoso-calcareo di Varallo-Massiola. La gamba destra si prolunga regolarmente con gli strati gneissici della riva del Lago d'Orta, fino a sopportare i micascisti del Lago Maggiore; la gamba sinistra è incompleta, perchè interessata dalla potente massa eruttiva basica, colossale riempimento con materiale massiccio di una immane frattura. L'età del gneiss-Strona è probabilmente arcaica, e forse coeva con quelle formazioni petrograficamente analoghe della Sassonia e della Boemia che vengono ascritte all'arcaico superiore.

Più recenti del gneiss-Strona, perchè sopra di esso agirono manifestamente per metamorfismo di contatto, sono le rocce eruttive acide e basiche che gli stanno a S. E. ed a Ovest. Per non parlare dei graniti, la cui origine eruttiva abbiamo già definito incontrastabile, e la cui età assoluta abbiamo pure riconosciuto col Salomon essere malagevole determinare in modo preciso, anche il complesso di rocce costituenti quella che da lungo tempo erroneamente si chiama *zona anfibolica d'Ivea*, per natura petrografica, e per le azioni di metamorfismo esercitate sul gneiss della Strona, ci sembra doversi riconoscere senza esitazione come di origine sicuramente eruttiva.

Anche qui tuttavia, chi volesse indagarne l'età assoluta, dovrebbe cozzare contro difficoltà che crediamo insormontabili, o cadere nel fantastico e nell'arbitrario. Notevole, e degna di essere qui ricordata, la differenza profonda che presenta la zona eruttiva tra il suo limite orientale, dove essa è nettamente distinta dalle forme gneissiche, nelle quali tutt'al più penetrò con sottili filoni-strati pirossenici ed anfibolici, e il limite occidentale, segnato da una zona di laminazione violenta, con produzione di facies scistose, per modo da rendere incerto il confine, e mascherare i rapporti di giacitura coll'adiacente gneiss della Sesia.

Nella parte occidentale dell'area studiata, più accentuato è il distacco del nostro modo di vedere da quello dei predecessori, e in particolare del Parona. Noi riteniamo cioè per sicuro tutta questa parte essere relativamente recente, e l'orizzonte più profondo di essa è per noi rappresentato dal gneiss del M. Rosa. Sopra questa volta bassa di gneiss biotitici che in alto sfumano per insensibili gradazioni a micascisti più o meno granatiferi, riposa la formazione delle pietre verdi, esile a dir vero nella nostra regione, quasi una pallida immagine di quella zona potente ch'essa costituisce nelle Alpi Occidentali, ma rappresentata da tutte le sue forme caratteristiche, non escluso quel serpentino, ch'è forse tra tutte la più tipica. L'assisa inferiore è data, dove la potenza è maggiore, cioè sul crinale Val Sesia-Val di Gressoney, da un micascisto granatifero, che, come mostra il Profilo N. 1, arriva molto in alto sulle cime, e cui seguono in basso, gradatamente, senza netto distacco, le forme gneissiche più caratteristiche. Banchi di rocce verdi e lenti eclogitiche sono ancora abbondanti in questo micascisto, che sembra formare l'anello di congiunzione tra le due formazioni, e ostare, coi suoi rapporti, a chi voglia segnare un accidente tectonico brusco e reciso tra le pietre verdi e il gneiss del M. Rosa. Scarsi i calcari, nei quali non ci riuscì di trovare dei fossili: impossibile dunque anche qui un sicuro riferimento cronologico diretto; per analogia ebbimo a riconoscere esser probabile che le nostre pietre verdi siano coeve con quelle delle Alpi Occidentali, e cioè mesozoiche: ne deriva che l'età del gneiss M. Rosa potrebbe essere paleozoica od arcaica. A chi consideri la mancanza di hiatus tra

le due formazioni, la loro probabile concordanza tectonica, gli interstrati verdi che ancora qua e là compariscono in pieno gneiss ghiandolare, apparirà più naturale quella ipotesi che segni un minore distacco tra le due serie di rocce, anche dal punto di vista della cronologia. Per la natura petrografica, sembrano qui essere scarsissimi i prodotti del metamorfismo di sedimenti: i calcescisti non rappresentano che una sottile e interrotta fascia, alternante con ovarđiti; più abbondanti i prodotti del metamorfismo chimico e dinamico di rocce eruttive peridotiche, gabbriche, diabasiche, probabilmente, almeno in parte, diverse da quelle che formano la zona eruttiva maggiore.

Direttamente sovrapposta alle pietre verdi propriamente dette, e collegata con esse da termini di graduato passaggio, sta la vasta e potente formazione cui abbiamo conservato il nome di gneiss-Sesia. Questa si appoggia da una parte sulle pietre verdi, e dall'altra sulle rocce eruttive basiche, accennando così a una vasta sinclinale, complicata sul fondo da pieghe più complesse; ad Ovest l'asse di sinclinale pare coincida col fondo della Val Vogna; più a Sud la formazione ha andamento isoclinale, con addossamento alla zona basica. Qui, tra mezzo a questo largo fascio di pieghe, emerge il micascisto, cinto ai lati da due zone di pietre verdi, ciò che rende probabile trattarsi di una anticlinale, rovesciata a S. E., della formazione sottostante. A N. E. una larga fascia, che geologicamente ascriviamo a questa formazione, è rappresentata da scisti filladici, gneiss sericitici e altre rocce rivelanti una energica laminazione: tra queste e le forme più gneissiche affioranti a N. O. sta una seconda e più ristretta zona eruttiva basica. L'andamento isoclinale di tutta questa parte settentrionale della formazione è rappresentato dal Profilo N. 3. Gli scisti calcareo-filladici di Rimella e il micascisto granatifero-anfibolico di Rua potrebbero forse essere rappresentati come appartenenti alle pietre verdi, le quali ancora qui affiorerebbero come un lembo interrotto e sottile di un orizzonte inferiore.

Tutta la formazione è da noi ritenuta equivalente a quelli che nelle Alpi Occidentali e specialmente al Gran Paradiso furono chiamati gneiss minuti, e dal Gastaldi ascritti alle pietre verdi. Non è facile dare un giudizio sull'età di queste formazioni, le quali anche nelle Alpi Occidentali sono tuttora oggetto di discussione: noi riteniamo però che sarebbe un errore credere a una differenza sensibile di natura e di età tra il gneiss-Sesia e le pietre verdi propriamente dette. La nostra serie occidentale ripete, all'ingrosso, quella che si osserva al margine S. E. del Gran Paradiso; e solo dobbiamo notare come differenza specifica la mancanza quasi assoluta dei calcescisti e la potenza enorme (resa anche maggiore apparentemente da pieghe complicate) dei gneiss minuti, con banchi di rocce massicce, besimauditiche, alcalisienitiche, ecc., e lenti calcaree. Ma la teoria dei passaggi laterali, di cui tante applicazioni fertili furono fatte recentemente nelle Alpi Occidentali, ci conforta a ritenere non improbabile questo stretto legame, quasi diremmo questa fusione da noi accennata tra le pietre verdi e il gneiss della Sesia, ch'è, *forse*, un equivalente stratigrafico dei calcescisti, e la zona più recente di tutta l'area da noi studiata.

Chi ora volesse tentare qualche confronto tra la parte orientale e la occidentale della nostra regione, ed esprimere un parere circa l'eventuale sincronismo di alcune tra le forme dell'una e quelle dell'altra, si accorgerebbe ben tosto come a tali confronti si oppongano difficoltà ancora insormontabili. È nella nostra regione, come nell'Ossola, che ha luogo il passaggio dalla struttura geologica e dalla serie litologica delle Alpi Occidentali a quella ch'è caratteristica delle Alpi Centrali ed Orientali. È ben vero che egregi autori, come lo Stella e il Mattiolo, credettero poter trovare un parallelismo completo tra le due

serie stratigrafiche e litologiche (54); ma noi crediamo che tale opinione abbia ricevuto un colpo mortale dalle stesse recenti scoperte degli operatori del Comitato sulla età mesozoica delle pietre verdi. Qualunque sia il giudizio che si possa dare del lavoro del Diener (55), noi siamo di parere che il filo conduttore il quale porterà a conoscere il legame tra le due serie non sia trovato, e quella del Diener potrebbe ben essere una intuizione geniale, sostenuta con mediocri argomenti.

Anche dal punto di vista esclusivamente mineralogico e petrografico si possono trovare delle differenze profonde: la sillimanite, ad esempio, così abbondante, così caratteristica di tanti micascisti delle Alpi Centrali, non fu mai ritrovata, che noi sappiamo, nelle Occidentali; il glaucofane che invece è in quest'ultime copiosamente disseminato, sembra mancare ad Est della zona eruttiva basica. Del pari se consideriamo i feldspati, noi troveremo che il predominio assoluto dell'albite e del microclino, evidente nelle Alpi Occidentali, sembra cessare bruscamente allo stesso confine; il carattere prasinitico degli interstrati anfibolitici non si ripete ad Est, dove gli interstrati sono prevalentemente ad orneblenda, bruna o verde, spesso con plagioclasti basici; l'epidoto e l'actinolite sono copiosi da una parte anche nelle forme gneissiche e micascistose, mentre dall'altra sono rari o mancanti in quelle forme.

E dunque forse almeno in gran parte al metamorfismo dinamico che si deve tale differenza litologica tra le due parti, il cui confine è segnato dalla grande massa eruttiva; e mentre ad oriente di questa non ci sono prasiniti e il metamorfismo di contatto si esplica normalmente, ad occidente si sviluppano le forme di laminazione con passaggio a tipi distintamente prasinitici, e metamorfismo di contatto non è mai riconoscibile. Mentre ad Est le masse eruttive acide hanno forma di ammassi o di filoni e carattere granitico, ad occidente sono in banchi apparentemente concordanti e hanno carattere besimauditico o protoginico. Che se poi ammettiamo per probabile l'età secondaria delle pietre verdi e del gneiss-Sesia, che dire della profonda dissimiglianza tra questa serie e la serie mesozoica del Monfenera?

Giunti così alla fine dell'opera, noi per i primi ne dobbiam riconoscere tutte le manchevolezze: di molti problemi non potemmo che abbozzare una soluzione ipotetica; altre questioni appena possiam dire d'aver poste per sollevarne la discussione. È ancora questo il destino dei lavori di geologia in molte regioni cristalline delle Alpi; nè altri ci vorrà muover rimprovero di essere stati troppo attaccati al fatto, astenendoci di proposito deliberato da un soggettivismo sintetico, ardito e pericoloso. Sarem paghi se quanto potemmo fare servirà almeno d'aiuto a coloro che in avvenire, certo con migliore fortuna, proseguiranno le indagini geologiche in questa difficile regione; a noi procurino venia il lungo studio e il grande amore.

(54) A. STELLA. *Contributo alla geologia delle formazioni pretriasiche nel versante meridionale delle Alpi Centrali*. Boll. Com. geol. ital. 1894, n. 1.
E. MATTIROLO. *Note geologiche sulle Alpi Lom-*

barde, da Colico al Passo dello Spluga. Boll. Com. geol. ital. 1895, n. 1.

(55) C. DIENER. *Die Gebirgsbau der Westalpen*. 1891.

INDICE.

INTRODUZIONE	Pag. [1]	Pag. 219
BIBLIOGRAFIA	" [3]	" 221
PARTE PETROGRAFICA	" [5]	" 223
I. - GNEISS-STRONA	" [ivi]	" ivi
A. — <i>Micascisti a sillimanite</i>	" [6]	" 224
B. — <i>Gneiss granulari biotitici</i>	" [8]	" 226
C. — <i>Gneiss a due miche</i>	" [11]	" 229
D. — <i>Gneiss pellicolari a microclino</i>	" [12]	" 230
E. — <i>Gneiss minuti biotitici</i>	" [14]	" 232
F. — <i>Gneiss ghiandolari anfibolici</i>	" [16]	" 234
G. — <i>Granuliti pirosseniche</i>	" [17]	" 235
H. — <i>Gneiss dioritici</i>	" [19]	" 237
I. — <i>Gneiss pirossenico-anfibolici</i>	" [22]	" 240
L. — <i>Gneiss minuti tormaliniferi</i>	" [23]	" 241
M. — <i>Anfiboliti</i>	" [ivi]	" ivi
N. — <i>Rocce oliviniche e serpentinosi</i>	" [26]	" 244
O. — <i>Calcifiri</i>	" [28]	" 246
a) <i>Calcifiri ad olivina</i>	" [29]	" 247
b) <i>Calcifiri pirossenico-anfibolici</i>	" [30]	" 248
c) <i>Calcifiri a zoisite</i>	" [32]	" 250
d) <i>Calcifiri a wernerite</i>	" [34]	" 252
e) <i>Calcifiri con evidente struttura dinamometamorfica</i>	" [36]	" 254
P. — <i>Appendice al gneiss-Strona. — Graniti</i>	" [38]	" 256
a) <i>Granitite di Roccapietra</i>	" [ivi]	" ivi
b) <i>Granitite di Quarna</i>	" [40]	" 258
c) <i>Graniti filoniani</i>	" [ivi]	" ivi
II. - ROCCE MASSICCE PIROSSENICO-ANFIBOLICHE	" [45]	" 263
A. — <i>Dioriti</i>	" [ivi]	" ivi
1. <i>Dioriti micacee</i>	" [ivi]	" ivi
2. <i>Dioriti pirosseniche</i>	" [47]	" 265
3. <i>Dioriti anfiboliche</i>	" [50]	" 268
B. — <i>Rocce gabbriiche</i>	" [53]	" 271
1. <i>Noriti propriamente dette</i>	" [ivi]	" ivi
2. <i>Noriti con anfibolo</i>	" [54]	" 272
3. <i>Gabbri</i>	" [55]	" 273
4. <i>Gabbri granatiferi</i>	" [57]	" 275
5. <i>Gabbri olivinici</i>	" [58]	" 276
C. — <i>Peridotiti, pirosseniti, orneblenditi</i>	" [60]	" 278
1. <i>Lherzoliti, harzburgiti, ecc.</i>	" [ivi]	" ivi
2. <i>Websteriti, ecc.</i>	" [63]	" 281
D. — <i>Gabbri zonati e stronaliti</i>	" [66]	" 284
1. <i>Gabbri zonati pirossenici</i>	" [67]	" 285
2. <i>Gabbri zonati anfibolici</i>	" [69]	" 287
3. <i>Stronaliti</i>	" [70]	" 288

E. — Rocce filoniane basiche.	Pag. [78]	Pag. 296
1. Spessartiti	" [ivi]	" ivi
F. — Anfiboliti e scisti dioritici	" [79]	" 297
G. — Forme laminate delle rocce massicce.	" [81]	" 299
H. — Appendice. Calcarei compresi nelle rocce eruttive	" [82]	" 300
III. - GNEISS-SESIA	" [87]	" 305
A. — Gneiss chiari scistosi	" [ivi]	" ivi
B. — Micascisti.	" [90]	" 308
C. — Rocce prasinitiche	" [91]	" 309
D. — Rocce massicce intercalate	" [93]	" 311
a) Tipo a microclino	" [ivi]	" ivi
b) Tipo quarzifero.	" [95]	" 313
c) Tipo dioritico pirossenico-anfibolico.	" [97]	" 315
E. — Gneiss ghiandolari	" [99]	" 317
F. — Gneiss minuti zonati	" [100]	" 318
G. — Calcarei.	" [102]	" 320
H. — Scisti di Rimella e Fobello	" [103]	" 321
IV. - PIETRE VERDI	" [108]	" 326
A. — Prasiniti.	" [ivi]	" ivi
B. — Anfiboliti e scisti anfibolici	" [110]	" 328
C. — Eclogiti.	" [112]	" 330
D. — Serpentine e rocce oliviniche	" [114]	" 332
E. — Calcescisti e calcari succaroidi.	" [118]	" 336
F. — Micascisti granatiferi e gneiss chiari	" [120]	" 338
G. — Scisti quarzitici	" [122]	" 340
V. - GNEISS-MONTE ROSA	" [123]	" 341
A. — Gneiss porfiroidi	" [ivi]	" ivi
B. — Gneiss minuti, micascisti, ecc.	" [126]	" 344
PARTE GEOLOGICA	" [130]	" 348
I. - GNEISS-STRONA	" [ivi]	" ivi
A. — Zona occidentale	" [132]	" 350
B. — Zona orientale	" [135]	" 353
C. — Graniti.	" [137]	" 355
D. — Contatto del Gneiss-Strona con le rocce eruttive granitiche e dioritiche	" [139]	" 357
II. - ROCCE ERUTTIVE BASICHE.	" [143]	" 361
A. — Dioriti.	" [145]	" 363
B. — Gabbri e noriti.	" [147]	" 365
C. — Peridotiti, pirosseniti, orneblenditi	" [148]	" 366
D. — Gabbri zonati e stronaliti.	" [149]	" 367
E. — Spessartiti.	" [154]	" 372
F. — Calcarei.	" [ivi]	" ivi
G. — Fenomeni dovuti al dinamometamorfismo	" [155]	" 373
III. - GNEISS-SESIA	" [156]	" 374
IV. - PIETRE VERDI	" [161]	" 379
V. - GNEISS-MONTE ROSA	" [166]	" 384
CONCLUSIONI	" [169]	" 387

TAVOLA I.

TAV. I.

Fig. 1. — **Micascisto sillimanitico.** Sez. parallela alla scistosità. — *Chesio, Val Strona.*
Solo polar. Ingr. 27.

Fig. 2. — **Micascisto sillimanitico granatifero.** Sez. normale alla scistosità. — *Sacro Monte, Varallo.*
Solo polar. Ingr. 27.

fig. 1.

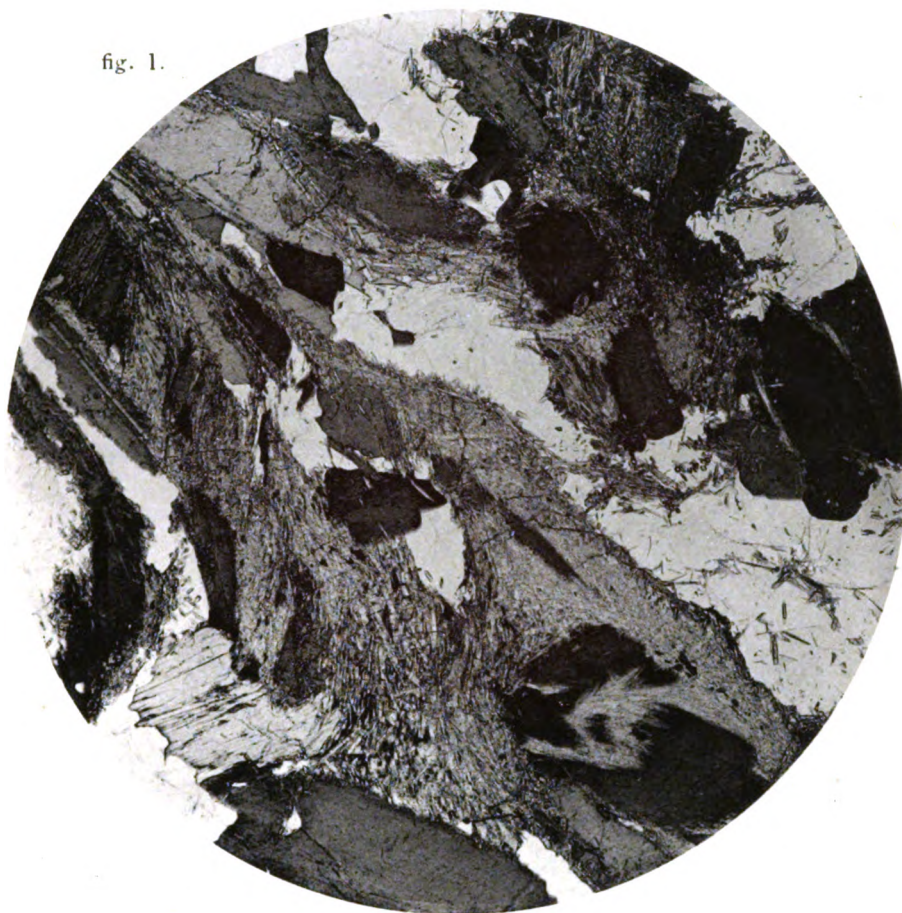


fig. 2.

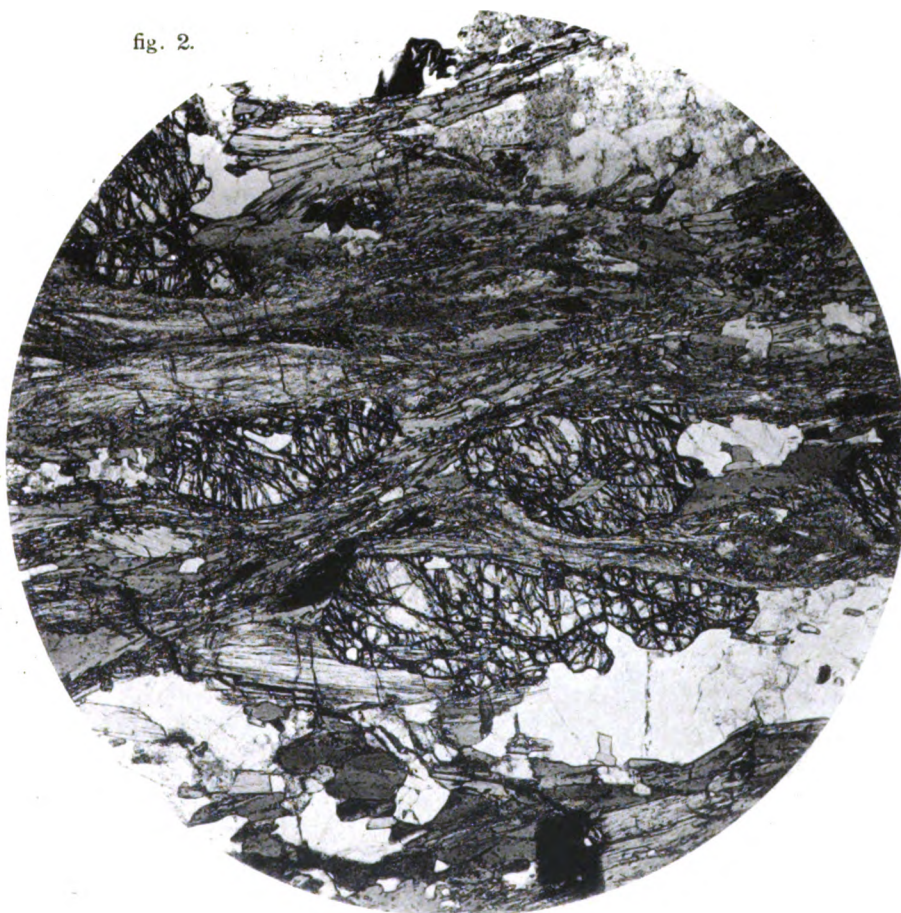


TAVOLA II.

TAV. II.

Fig. 1. — **Granulite pirossenico-anfibolica.** — *Tra Verzimo e il Pozzale, V. Bagnola.*
Solo polar. Ingr. 56.

Fig. 2. — **Roccia di contatto a cordierite,** con granato. — *Cava di S. Giovanni presso Varallo.*
Solo polar. Ingr. 25.

fig. 1.

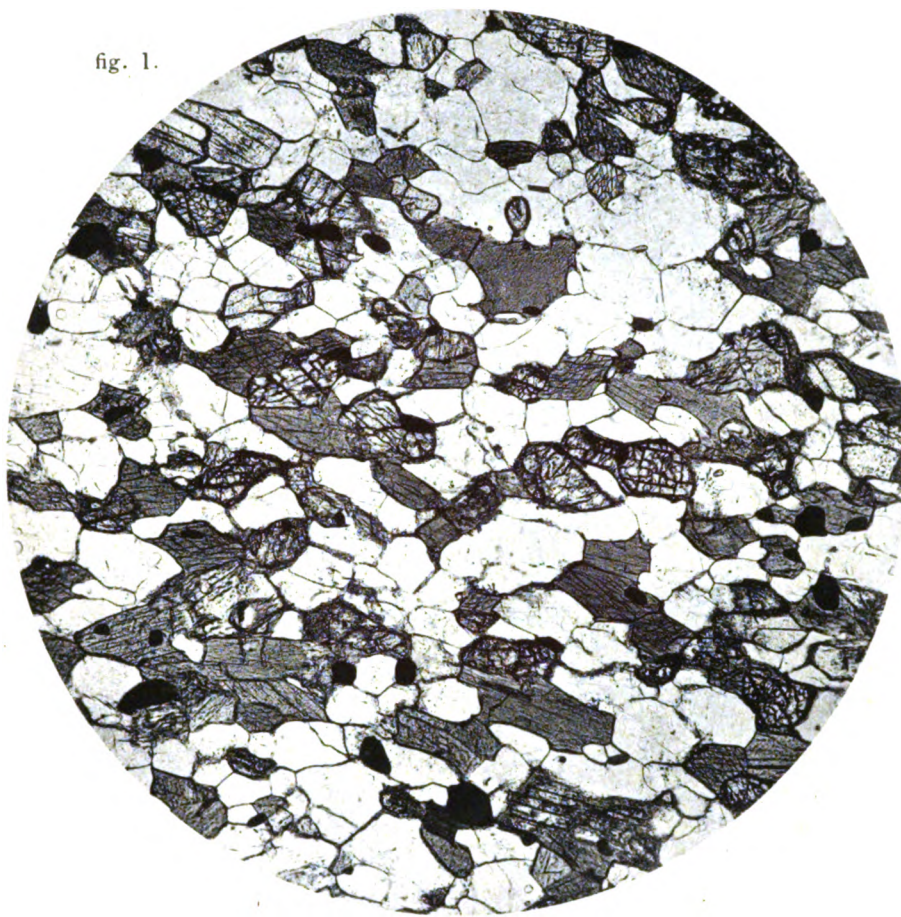


fig. 2.

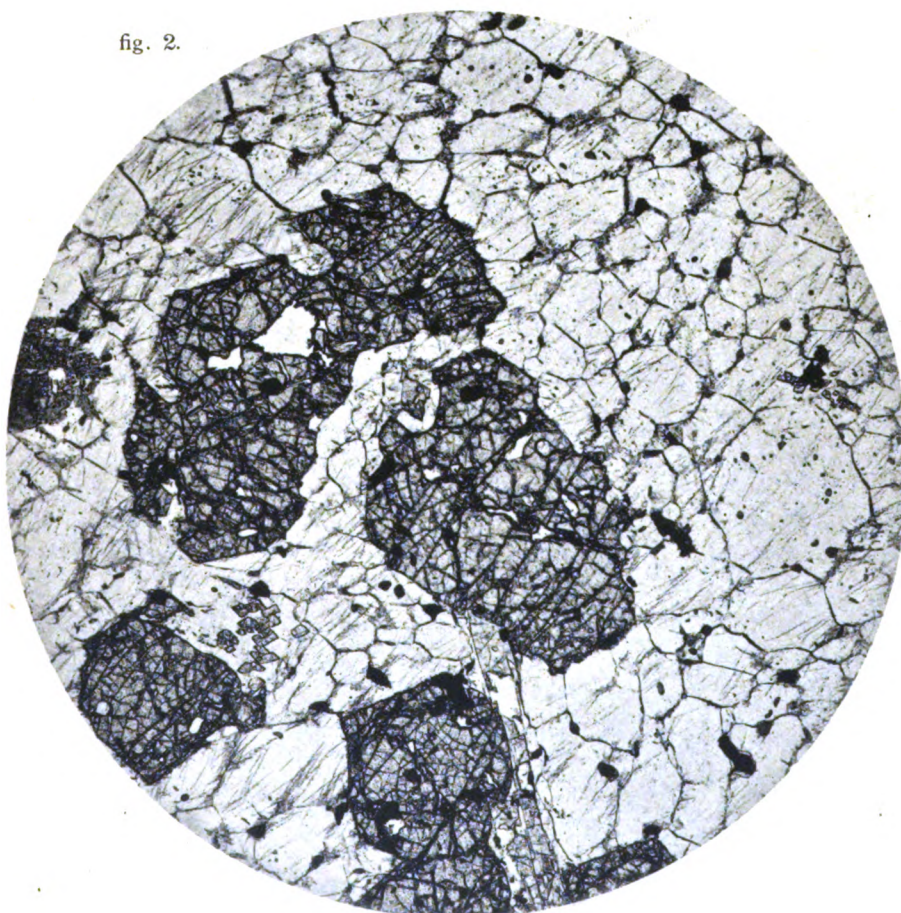


TAVOLA III.

TAV. III.

Fig. 1. — **Granulite pirossenica.** — *Mad. dell'Oropa, Val Strona.*
Nicols incr. Ingr. 59.

Fig. 2. — **Gneiss diorítico.** — *Crevola-Sesia.*
Solo polar. Ingr. 29.

fig. 1.

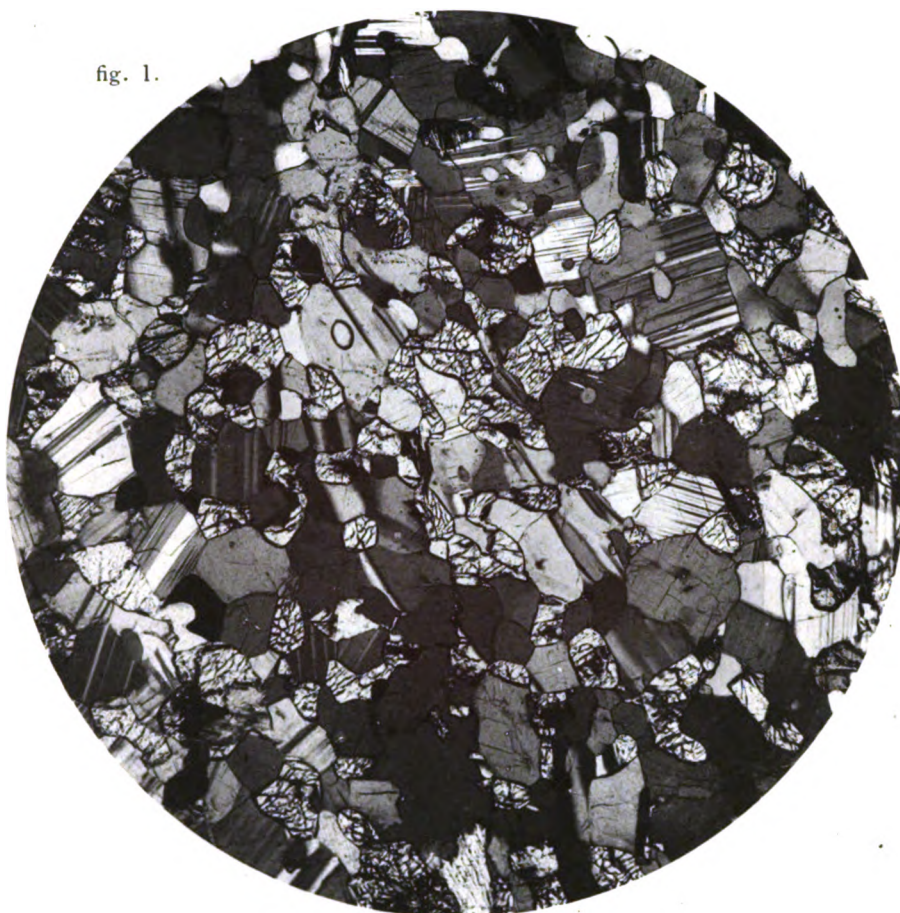


fig. 2.

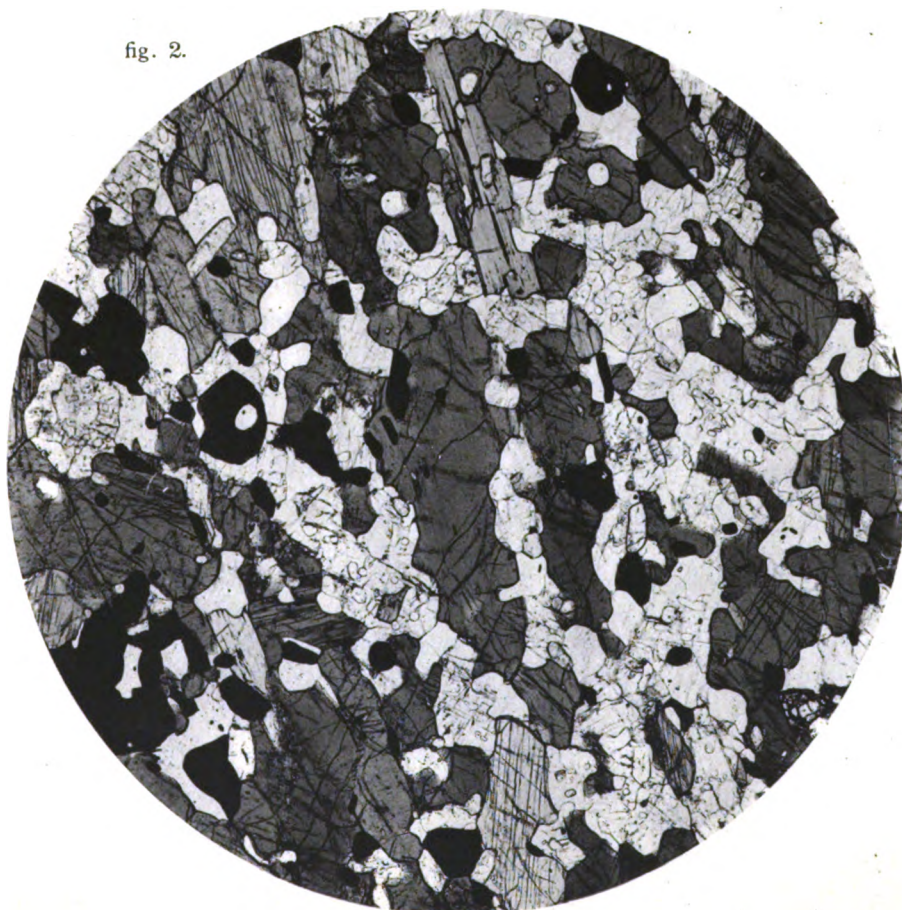


TAVOLA IV.

TAV. IV.

Fig. 1. — **Gneiss pirossenico-anfibolico.** — *Sotto Parone.*
Solo polar. Ingr. 41.

Fig. 2. — **Scisto olivinico-anfibolico.** — *Chesio, Val Strona.*
Nicols incr. Ingr. 27.

fig. 1.

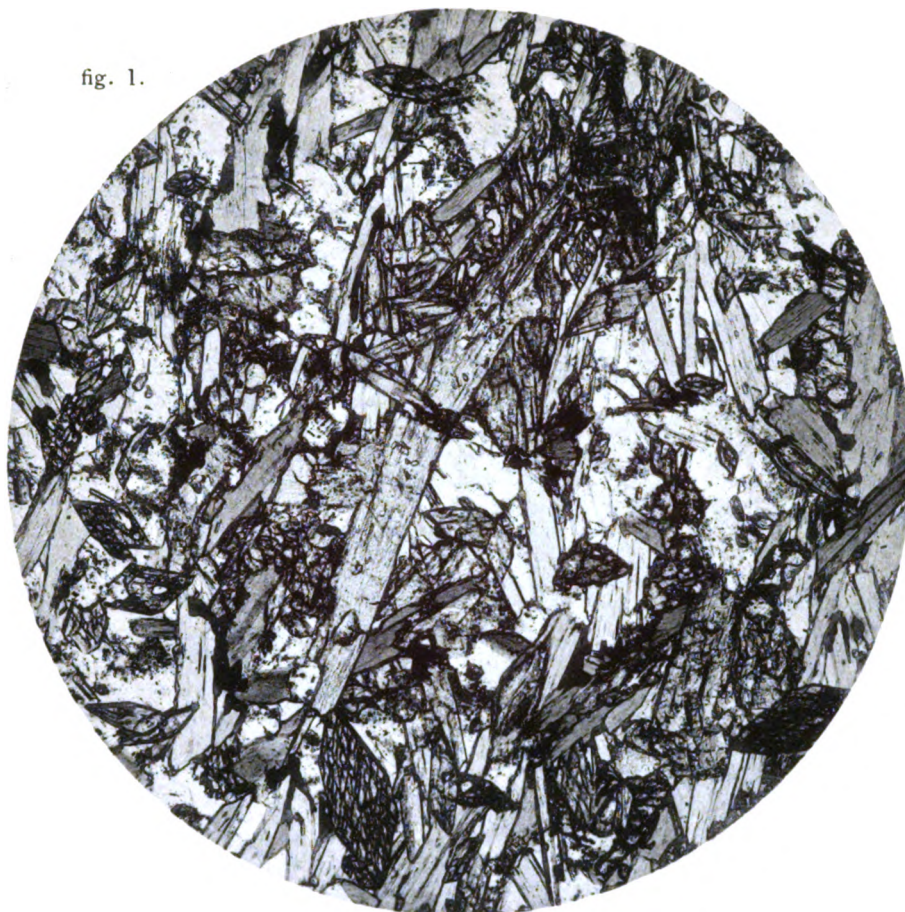


fig. 2.

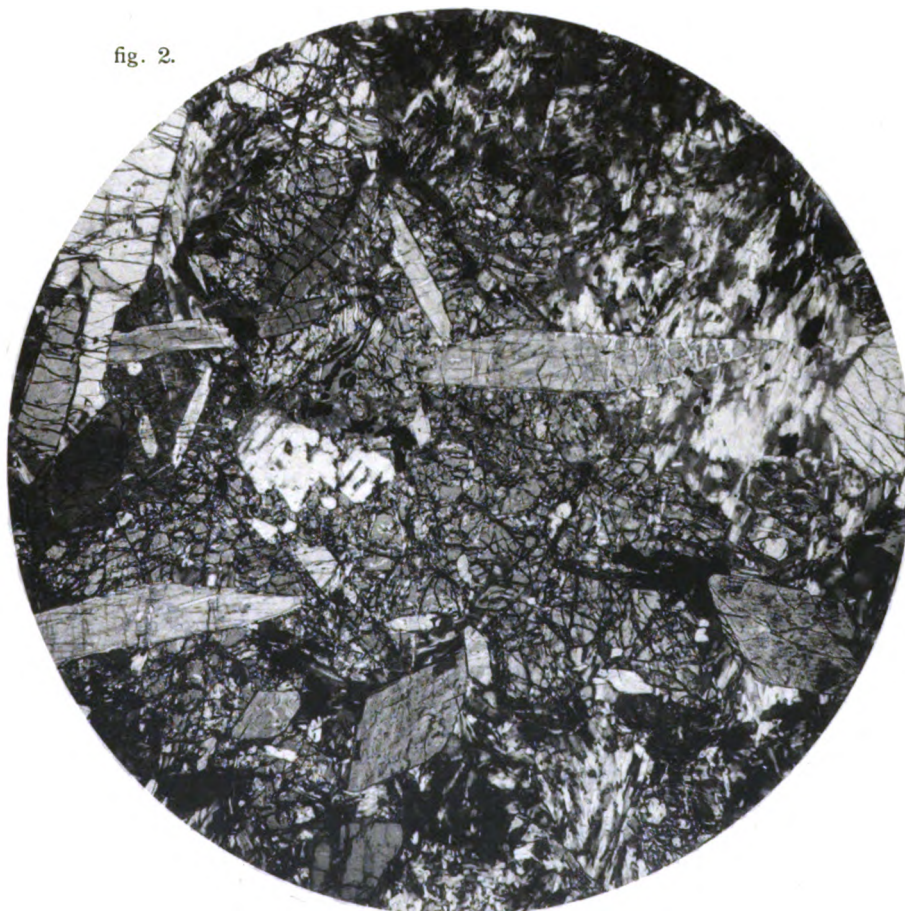


TAVOLA V.

TAV. V.

Fig. 1. — **Calcifiro a wernerite**, con struttura elastico-porfirica — *Tra il Pozzale e Verzimo, Val Bagnola.*

Nicols incr. Ingr. 27.

Fig. 2. — **Diorite pirossenica**: aggruppamento di elementi basici. — *Alpe Vazzosa, Val della Duggia.*

Solo polar. Ingr. 25.

fig. 1.

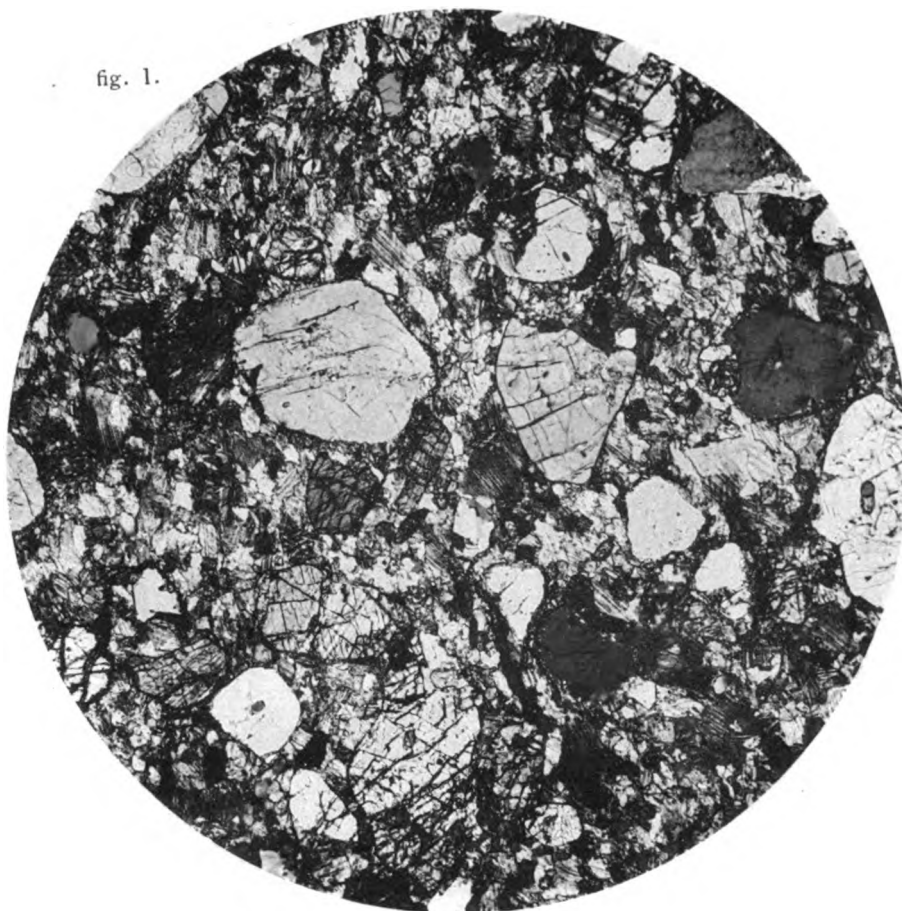
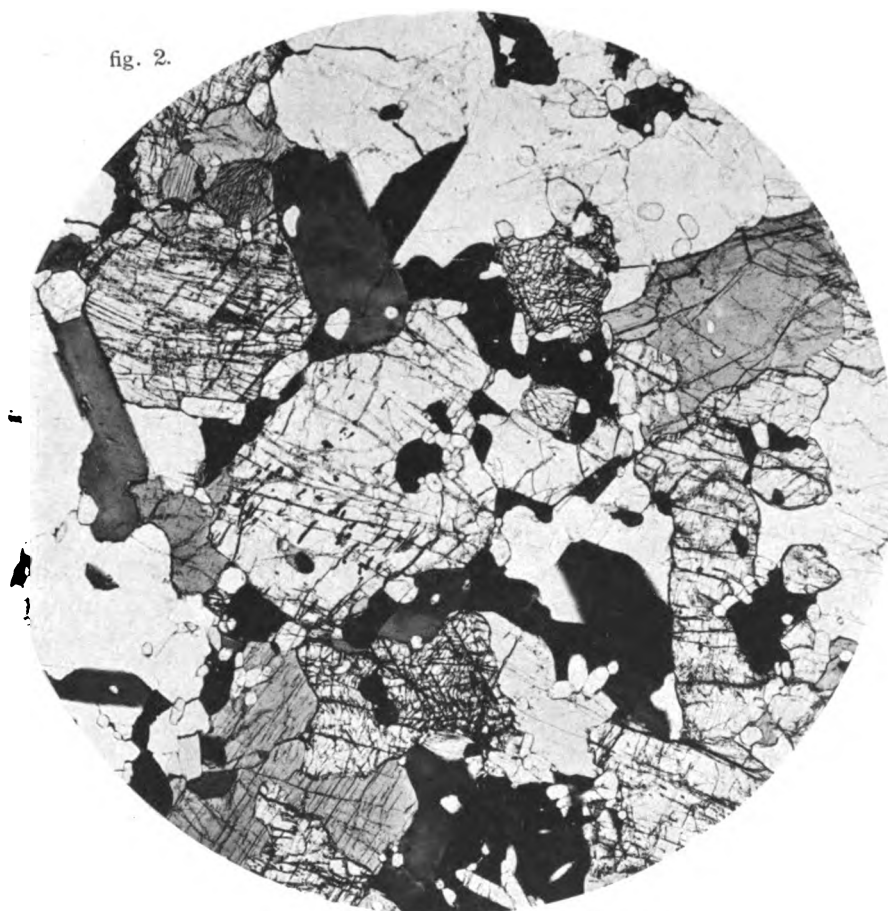


fig. 2.



AUT. POT.

ELIOT CALZOLARI & FERRARIO MILANO

TAVOLA VI.

TAV. VI.

Fig. 1. — **Pirossenite**. — *Campello-Monti, Val Strona*.
Sol. polar. Ingr. 26.

Fig. 2. — **Stronalite**, tipo massiccio acido. — *Sopra Isola, Val Grande*.
Solo polar. Ingr. 32.

fig. 1.

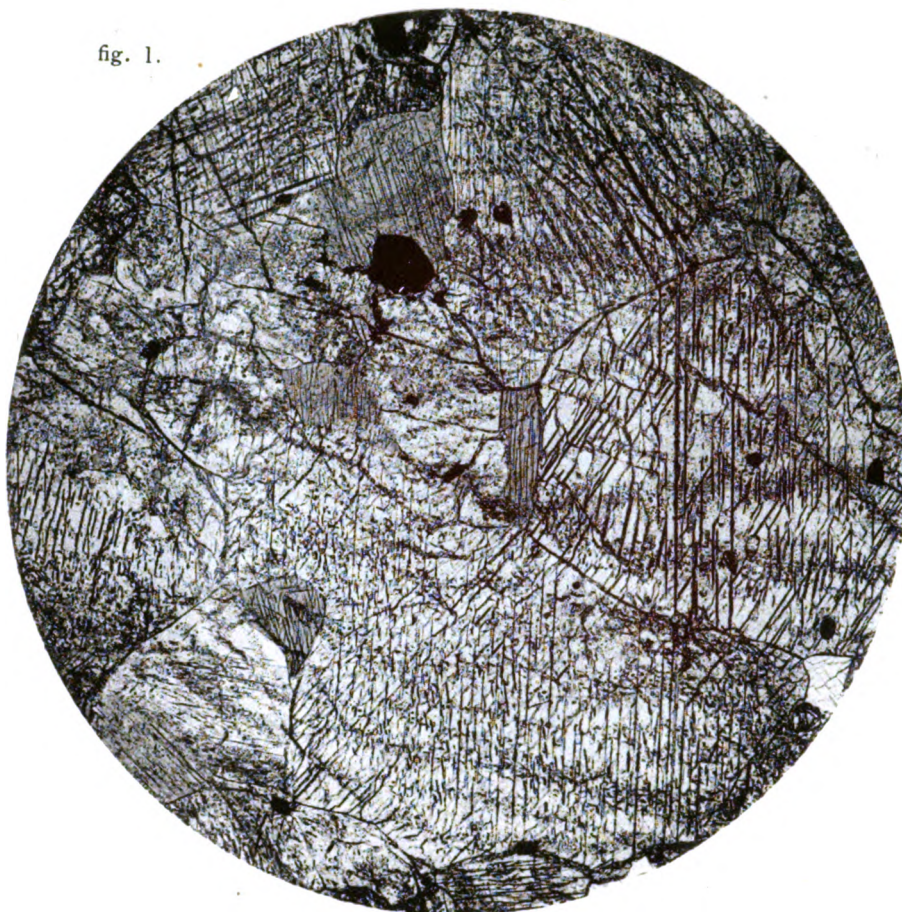


fig. 2.

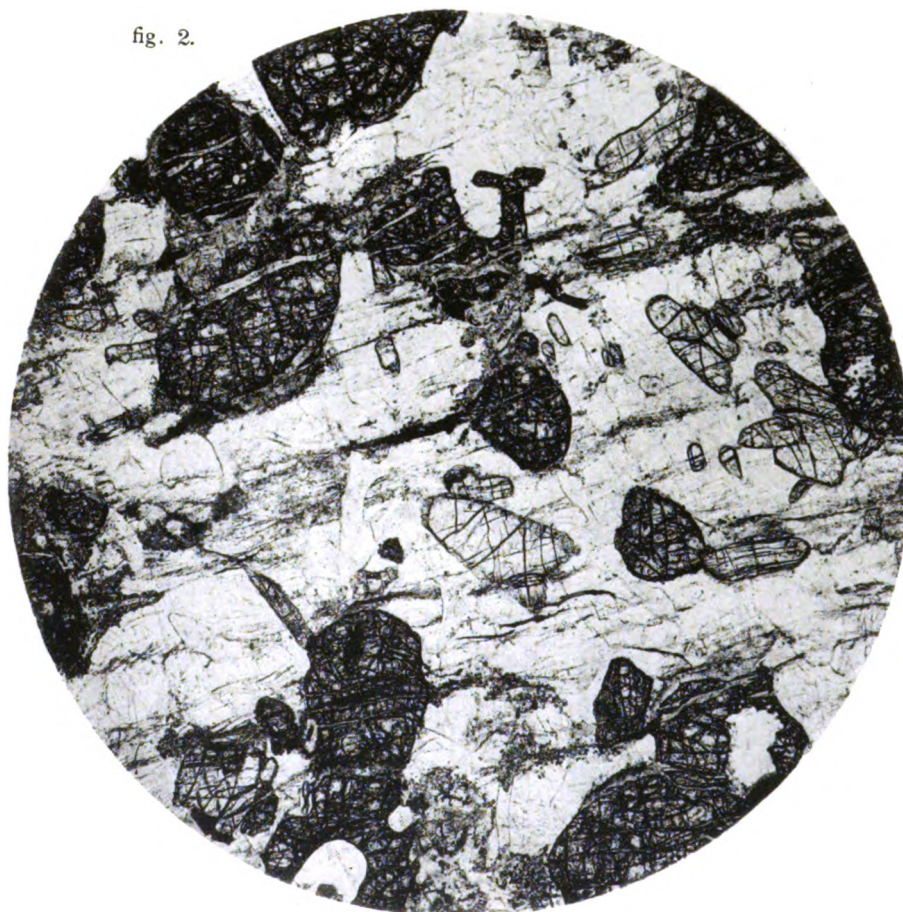


TAVOLA VII.

TAV. VII.

Fig. 1. — **Gneiss-Sesia** minuto scistoso. — *Riva-Valdobbia*.
Solo polar. Ingr. 27.

Fig. 2. — **Gneiss-Sesia**; forma massiccia quarzoso-albitica. — *Piana, Val Mastallone*.
Nicols incr. Ingr. 14.

fig. 1.

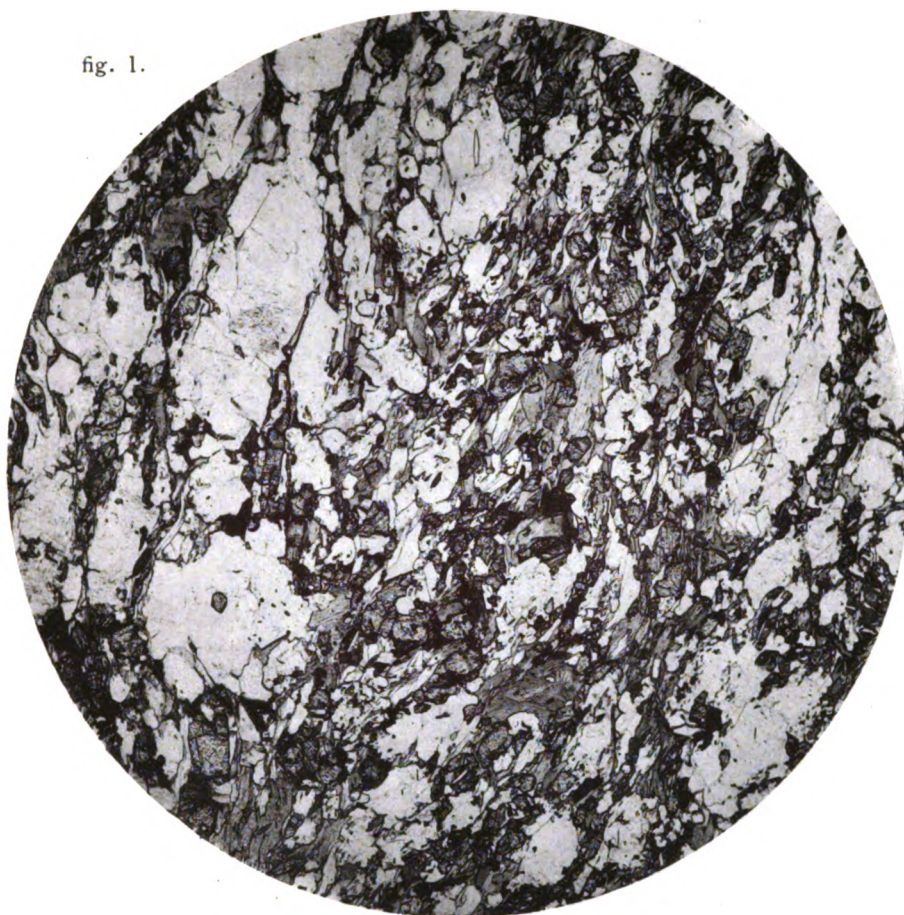


fig. 2.

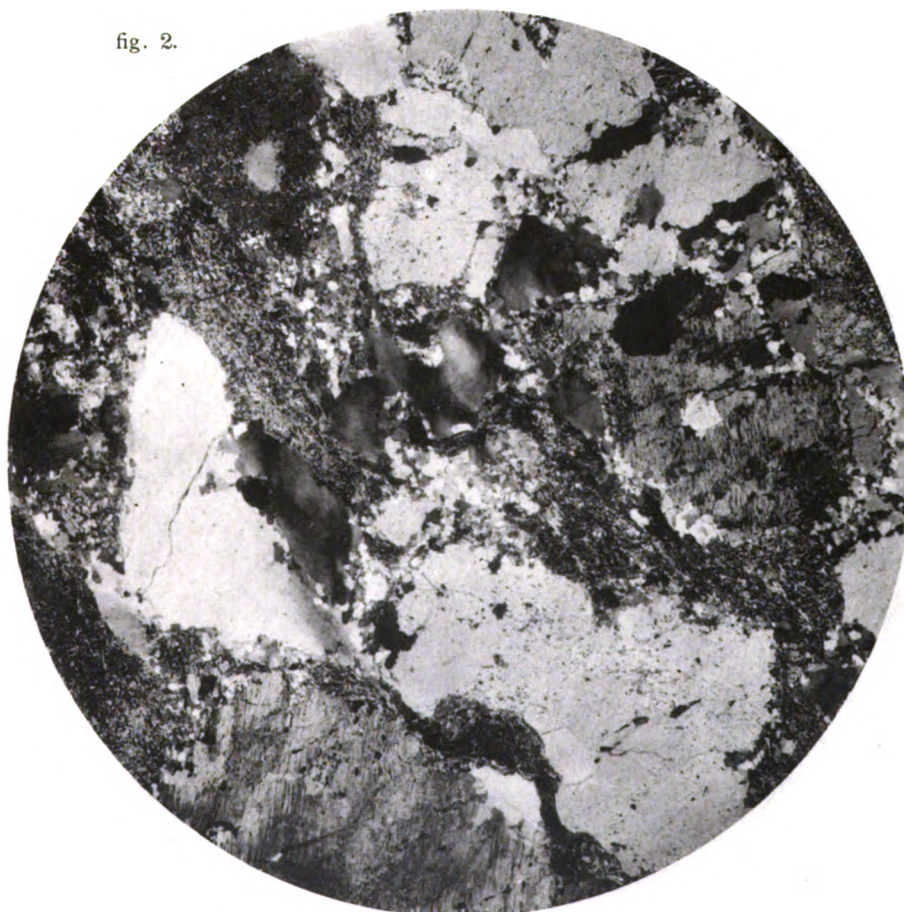


TAVOLA VIII.

TAV. VIII.

Fig. 1. — **Gneiss-Sesia**, forma massiccia granitico-porfirica: grosso intercluso di quarzo deformato. —
Rimasco, Val Sermenza.
Nicols incr. Ingr. 25.

Fig. 2. — **Gneiss minuto zonato**, tipo acido, a lenticelle quarzose. — *Tra Isolello e Riva-Valdobbia.*
Nicols incr. Ingr. 26.

fig. 1.

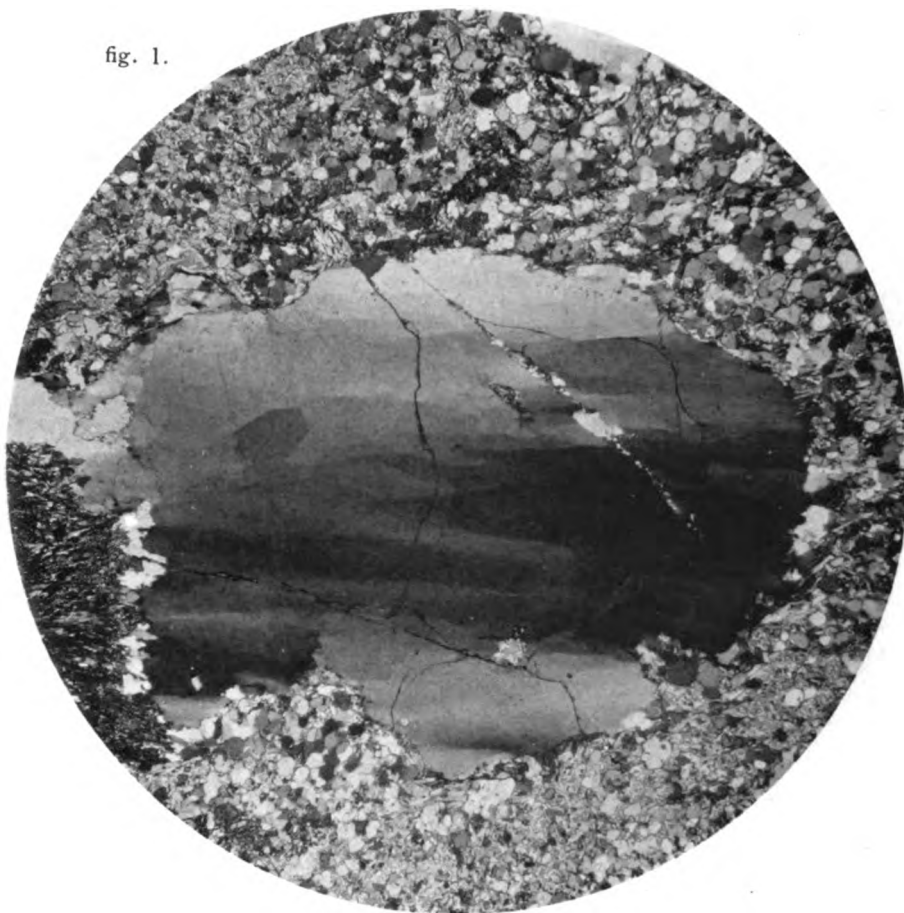


fig. 2.

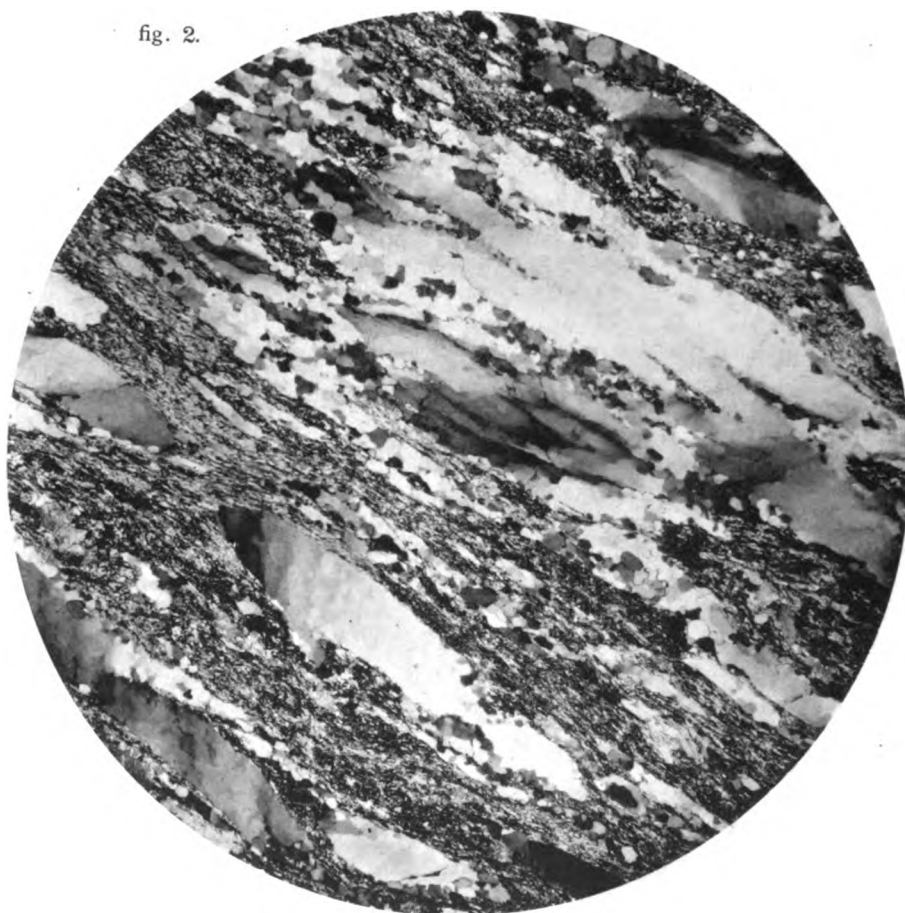


TAVOLA IX.

TAV. IX.

Fig. 1. — **Gneiss minuto zonato**, con lenticelle di mosaico quarzoso-albitico. — *Cascata del Mastallone*.
Nicols. incr. Ingr. 40.

Fig. 2. — **Scisti di Rimella-Fobello**, tipo a microclino. — *Rimella*.
Nicols incr. Ingr. 28.

fig. 1.

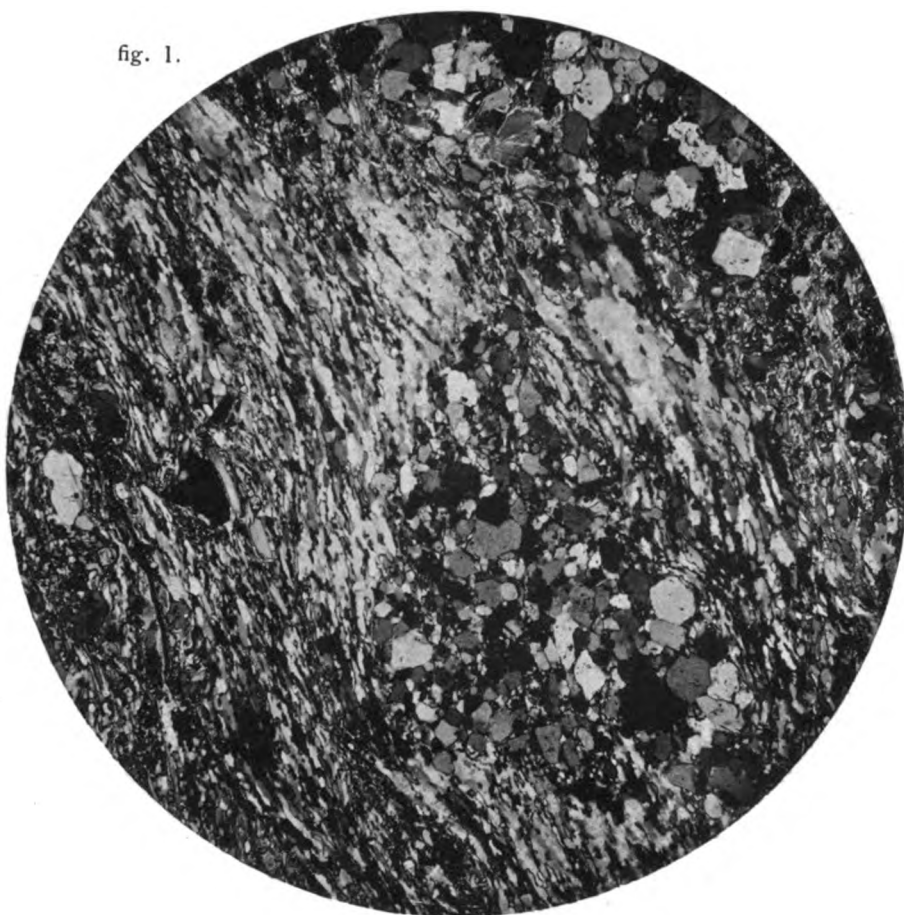


fig. 2.



TAVOLA X.

Tav. X.

Fig. 1. — **Scisti di Rimella-Fobello**, tipo filladico. — *Da S. Gottardo al Colle di Campello.*
Nicols incr. Ingr. 38.

Fig. 2. — **Prasinite cloritica**: struttura micro-ocellare. — *Colle del Termine.*
Solo polar. Ingr. 42.

fig. 1.



fig. 2.

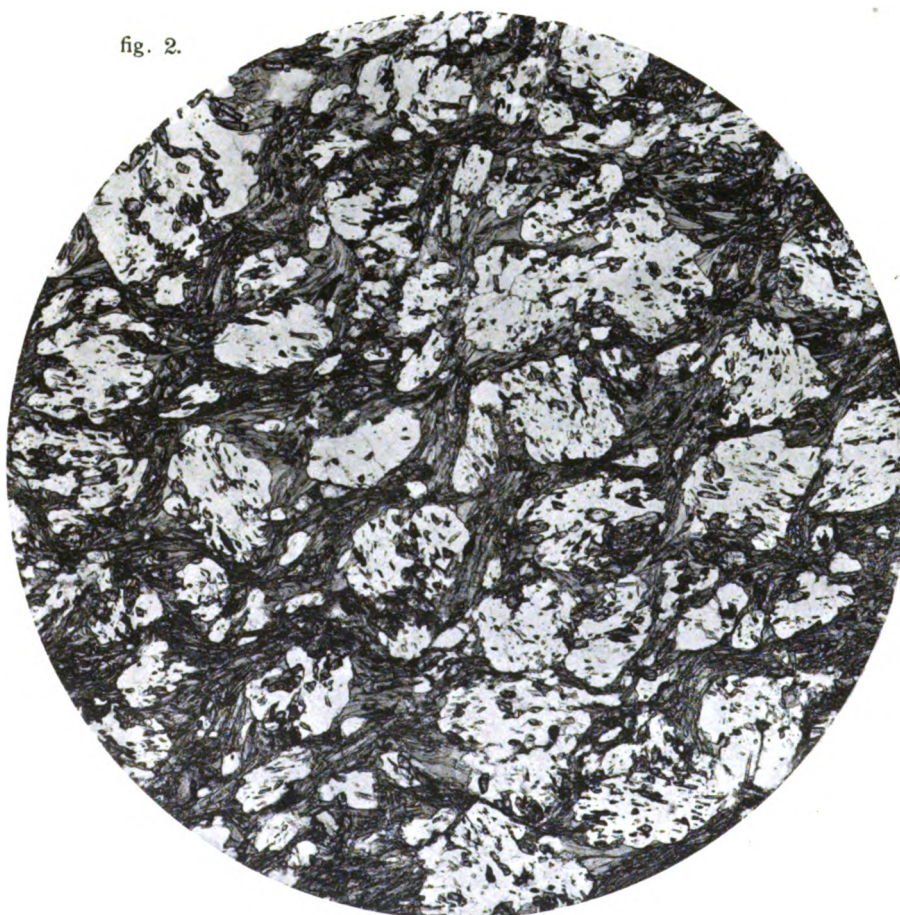


TAVOLA XI.

TAV. XI.

Fig. 1. — **Anfibolite epidotica** (olenite). — *Corno del Camoscio*.
Solo polar. Ingr. 44.

Fig. 2. — **Eclogite** inalterata, ricca di omfacite. — *Merletti, Alagna*.
Solo polar. Ingr. 30.

fig. 1.

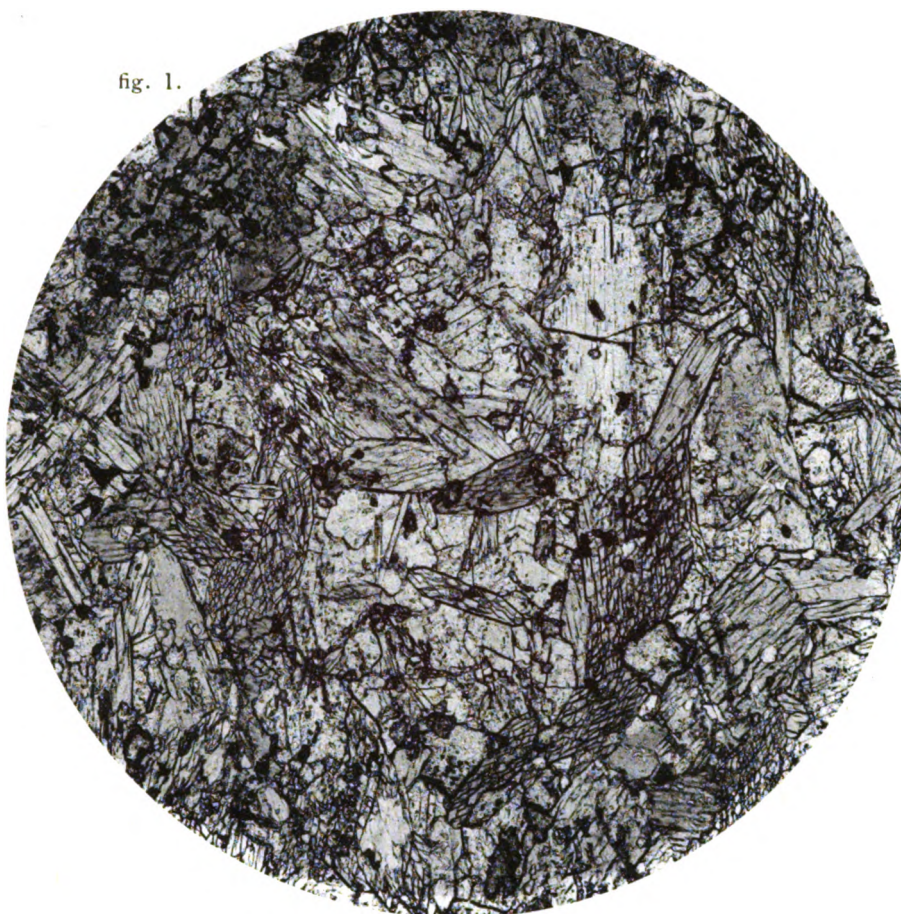


fig. 2.

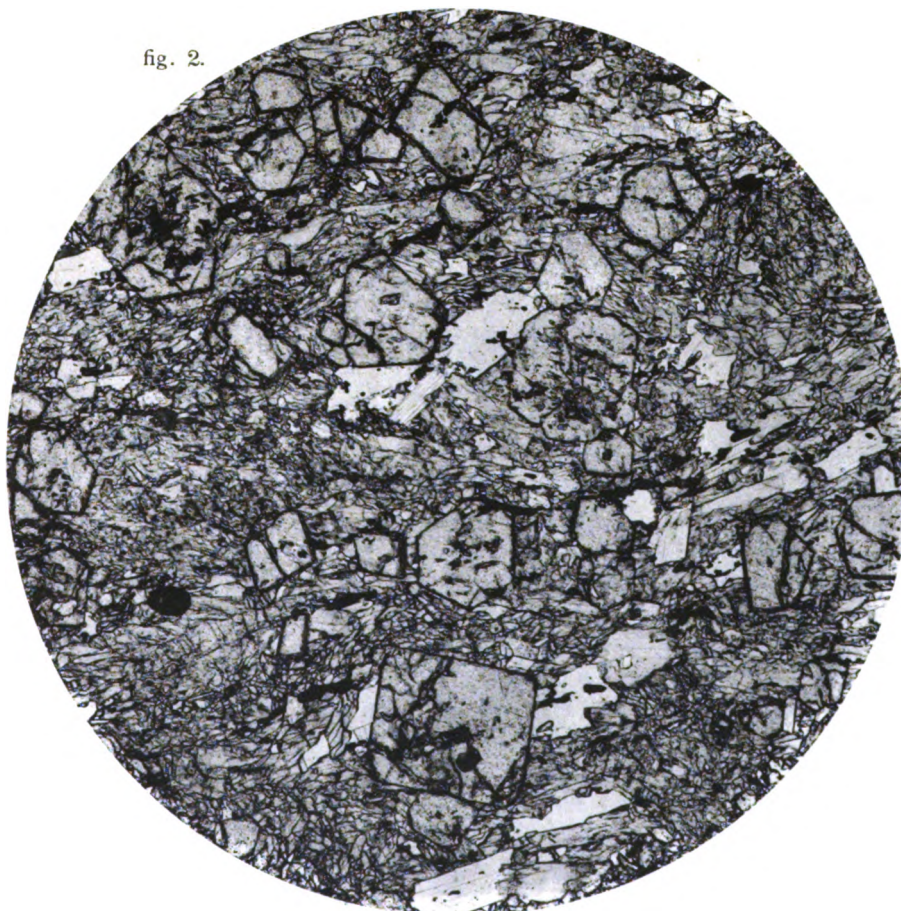


TAVOLA XII.

TAV. XII.

Fig. 1. — **Gneiss-Rosa**, forma ghiandolare: deformazioni meccaniche degli interclusi feldspatici. — *Alpe Le Pile, Alagna*.
Nicols incr. Ing. 27.

Fig. 2. — **Gneiss-Rosa**, forma minuta normale. — *Alpe Le Pile, Alagna*.
Solo polar. Ingr. 36.

fig. 1.

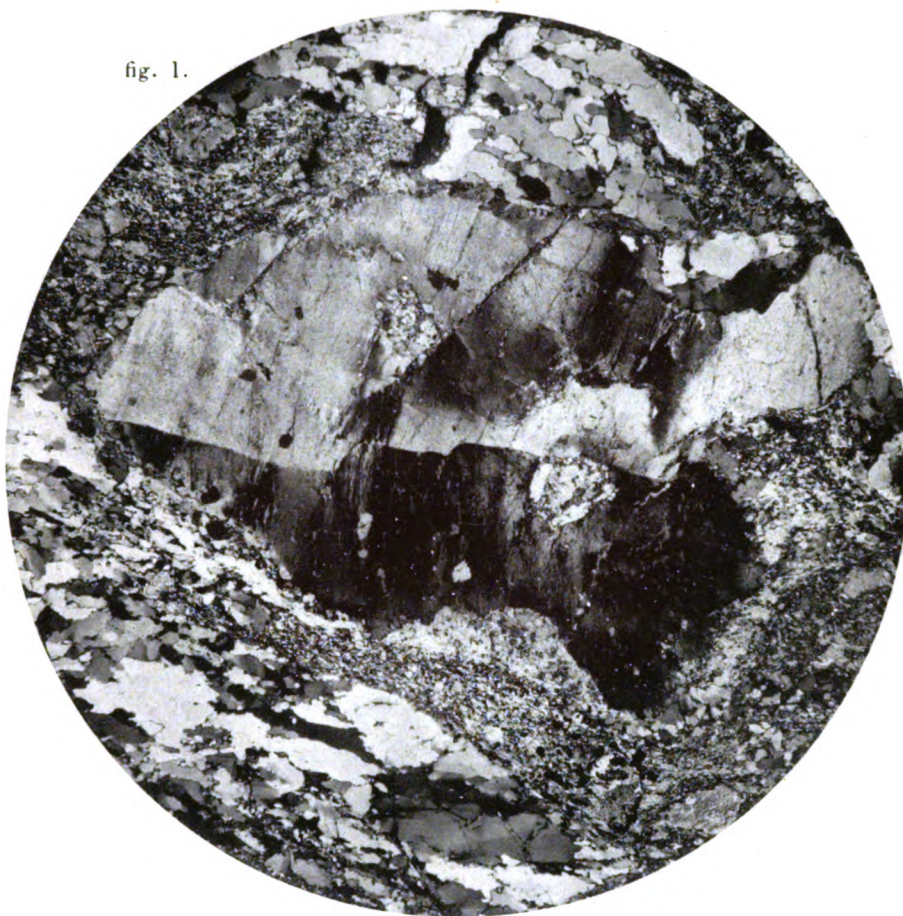


fig. 2.

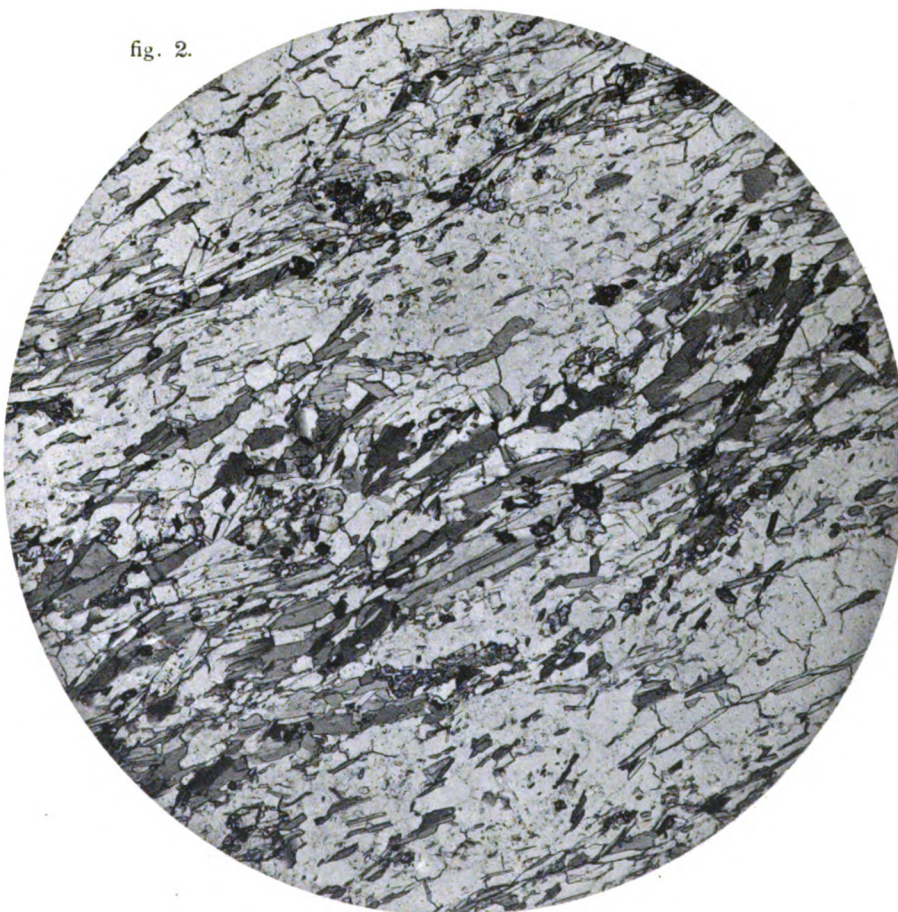


TAVOLA XIII.

TAV. XIII.

Fig. 1. — **Sillimanite** nel micascisto. — *Loreglia, Val Strona.*
Solo polar. Ingr. 53.

Fig. 2. — **Sillimanite** nel micascisto: altro aspetto. — *Sopra Civiasco.*
Solo polar. Ingr. 54.

Fig. 3. — **Gneiss cordieritico di contatto**: cordierite. — *Molinaccio, V. Bagnola.*
Solo polar. Ingr. 31.

Fig. 4. — **Gneiss pellicolare a microclino**, di contatto: biotite cribrosa. — *Canava del Vesco, V. Strona.*
Solo polar. Ingr. 53.

Fig. 5. — **Id. Id.**; struttura pavimentosa. — *Ibid.*
Nicols incr. Ingr. 60.

Fig. 6. — **Anfibolite** alternante col micascisto sillimanitico. — *Grampi, V. Strona.*
Solo polar. Ingr. 25.

fig. 1.

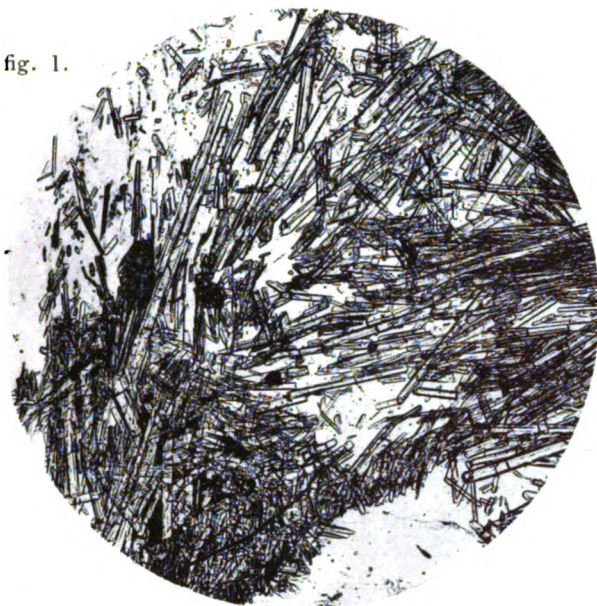


fig. 2.

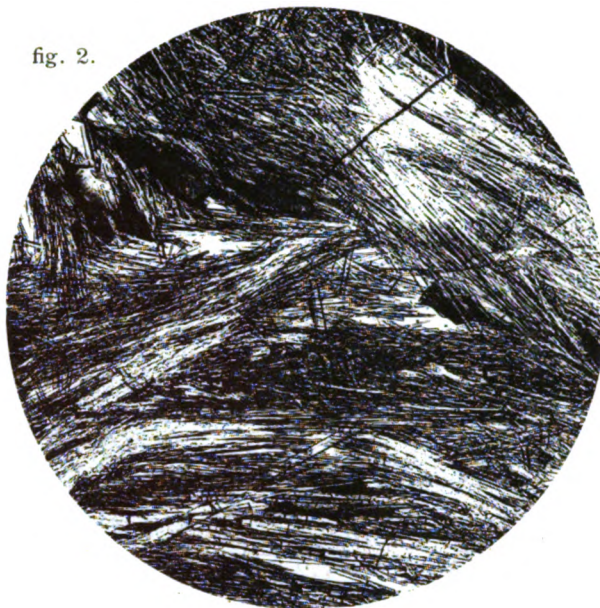


fig. 3.

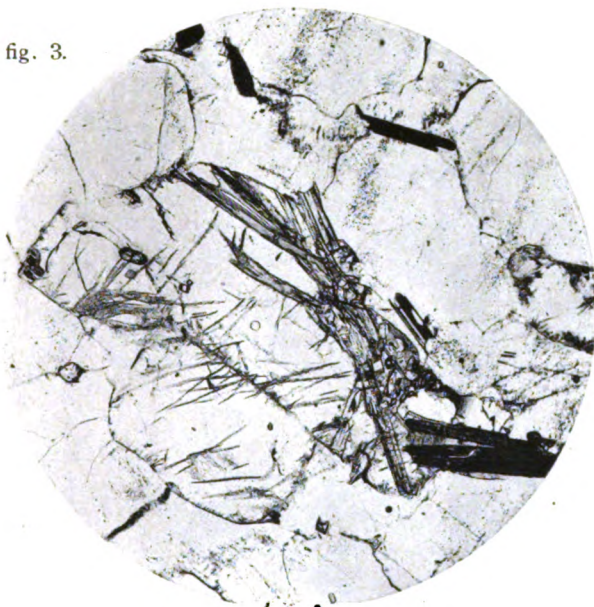


fig. 4.

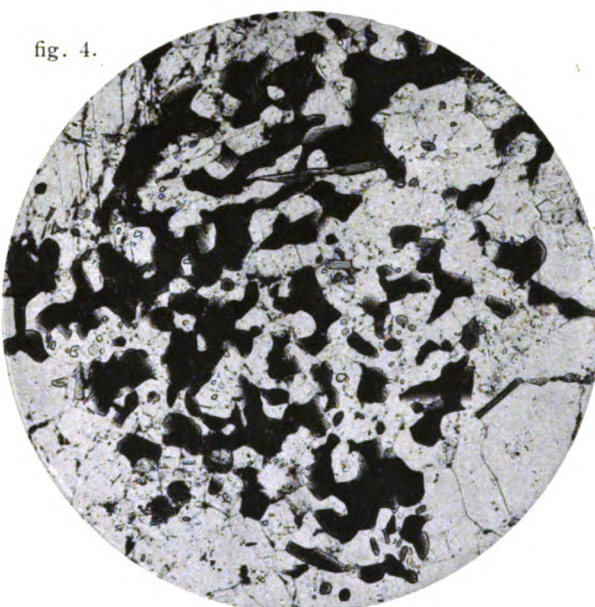


fig. 5.

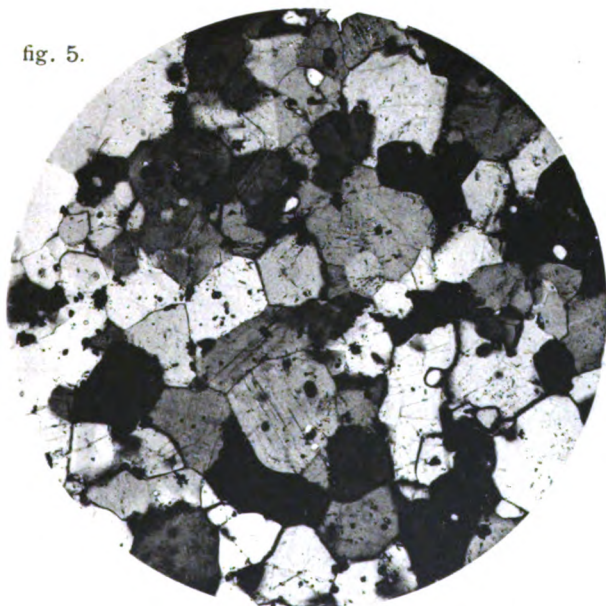


fig. 6.

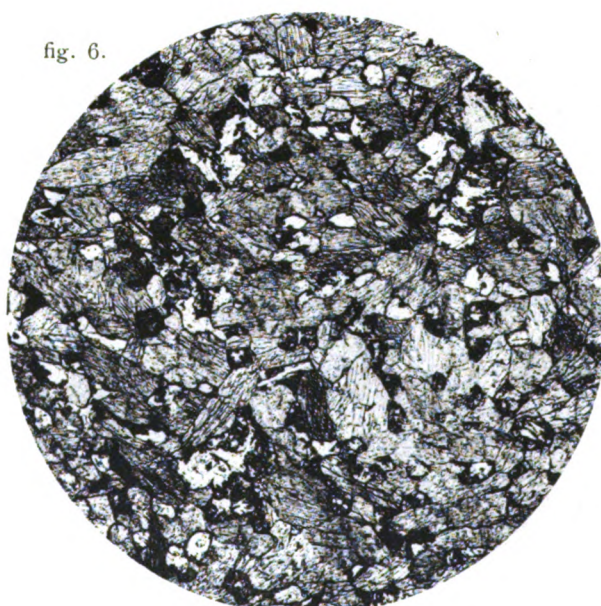


TAVOLA XIV.

TAV. XIV.

Fig. 1. — **Anfibolite** minuta della zona orientale. — *Sotto Oira, Lago d'Orta.*
Solo polar. Ingr. 32.

Fig. 2. — **Serpentino olivinico.** — *Oira, Lago d'Orta.*
Solo polar. Ingr. 35

Fig. 3. — **Calcifiro olivinico**, con flogopite. — *Sopra Locarno, Val della Duggia.*
Nicols incr. Ingr. 28.

Fig. 4. — **Diorite micacea**: concentrazione di elementi basici. — *S. Monte, Varallo.*
Solo polar. Ingr. 23.

Fig. 5. — **Calcifiro** con struttura dinamometamorfica; zona di laminazione, con parti rimaste intatte.
— *Sotto Parone.*
Nicols incr. Ingr. 25.

Fig. 6. — **Diorite micacea**: zona pseudo-granofirica al margine degli individui d'ortoclasio. — *Baraggiolo, Varallo.*
Nicols incr. Ingr. 30.

fig. 1.

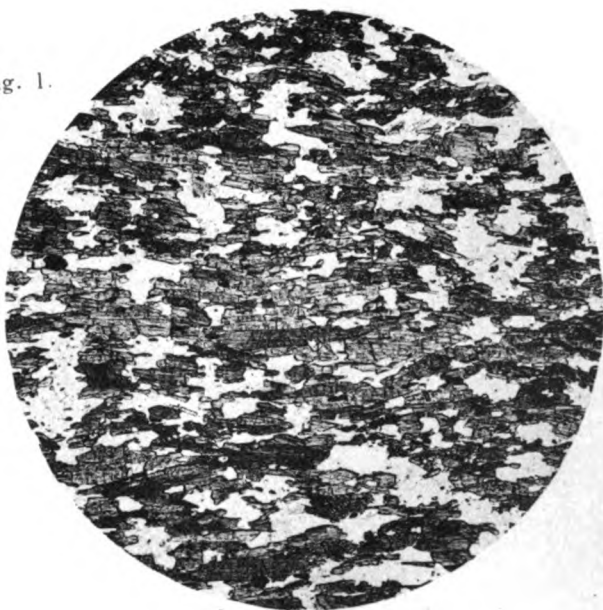


fig. 2.

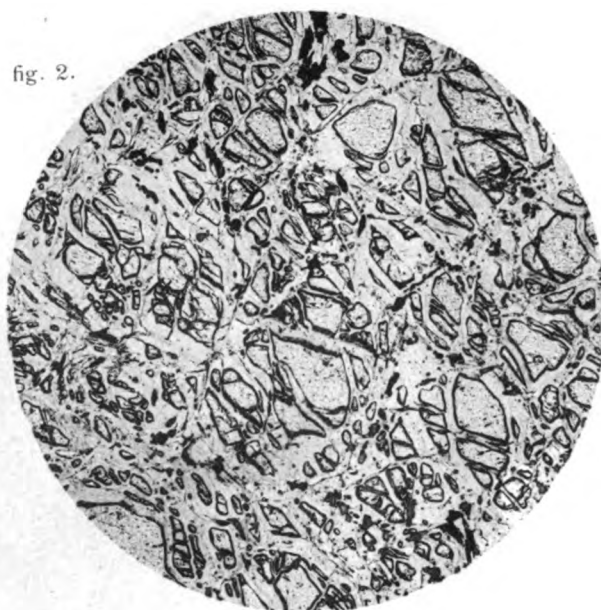


fig. 3.



fig. 4.



fig. 5.

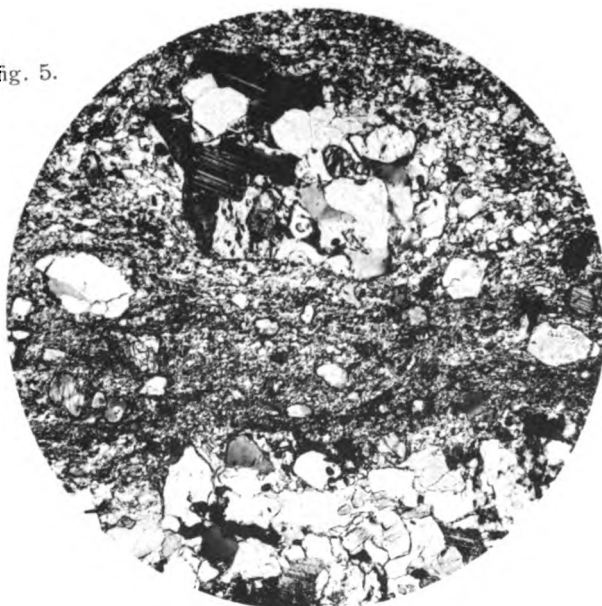


fig. 6.

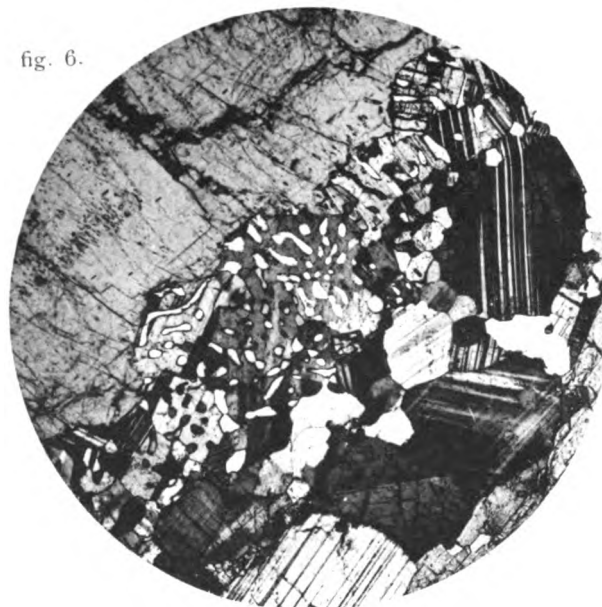


TAVOLA XV.

TAV. XV.

- Fig. 1. — **Diorite anfibolica**: inclusioni nell'orneblenda. — *V. Mastallone, fianco sinistro, poco sopra Varallo.*
Solo polar. Ingr. 50.
- Fig. 2. — **Diorite pirossenica**: microimplicazione pirossenico-plagioclasica. — *Gula di Val Mastallone.*
Solo polar. Ingr. 23.
- Fig. 3. — **Diorite pirossenica**: bastite. — *Val Mastallone, sbocco, presso Varallo.*
Solo polar. Ingr. 50.
- Fig. 4. — **Diorite pirossenica**: forma minuta. — *Val Mastallone, sbocco, presso Varallo.*
Solo polar. Ingr. 25.
- Fig. 5. — **Gabbro granatifero**: anello di granato intorno al pirosseno. — *Balmuccia.*
Solo polar. Ingr. 22.
- Fig. 6. — **Gabbro olivinico**: anello di granato intorno all'olivina, etc. — *Cravagliana, V. Mastallone.*
Solo polar. Ingr. 31.

fig. 1.

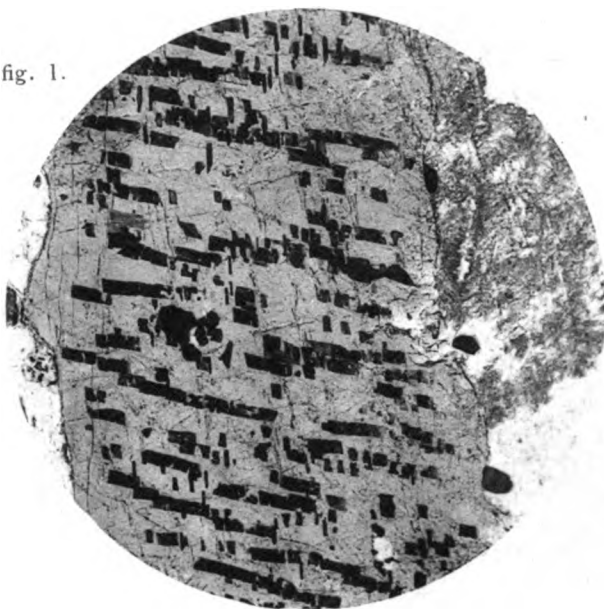


fig. 2.

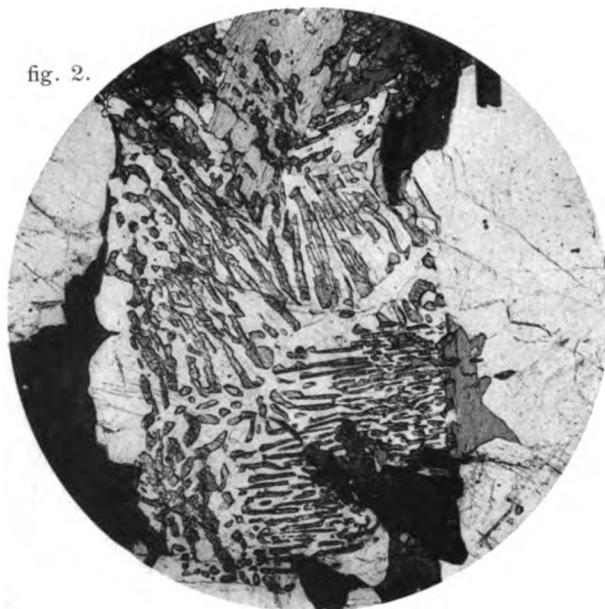


fig. 3.

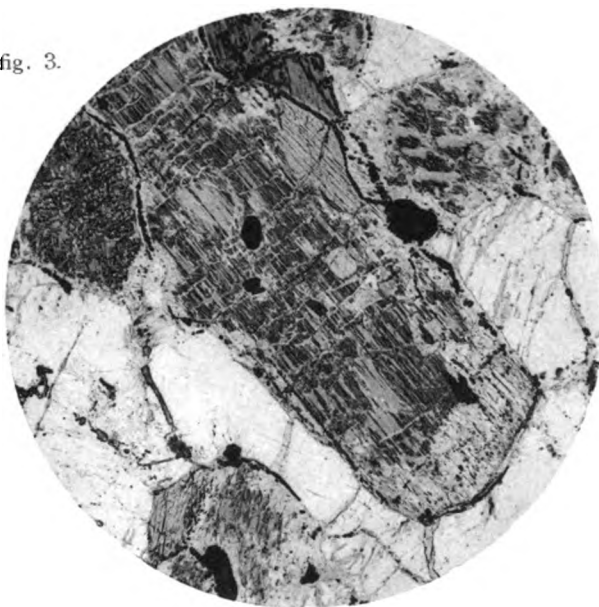


fig. 4.

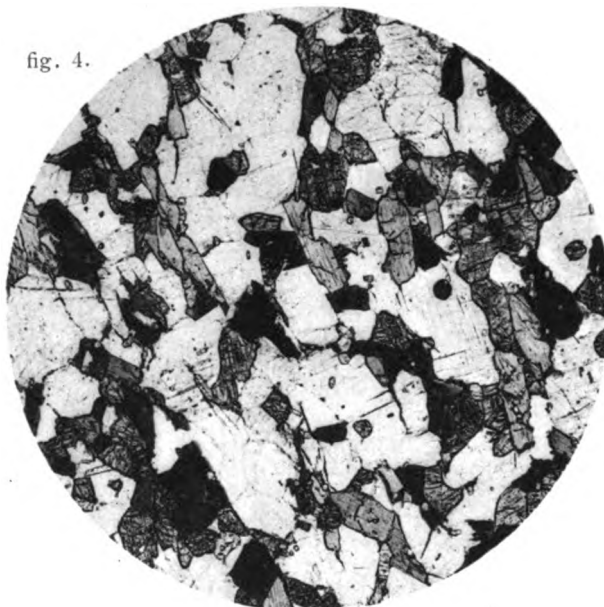


fig. 5.

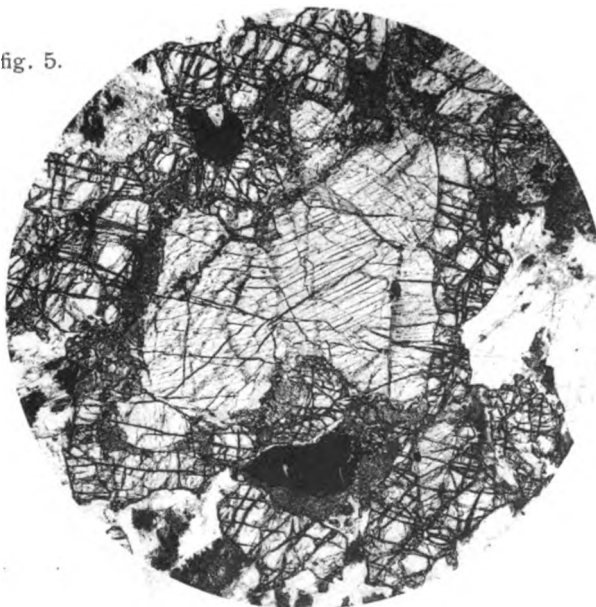


fig. 6.

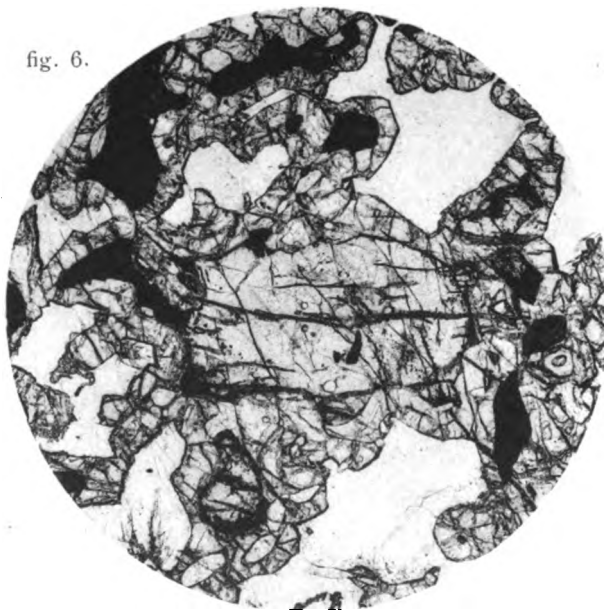


TAVOLA XVI.

TAV. XVI.

Fig. 1. — **Lherzolite**: diallagio deformato meccanicamente. — *Balmuccia*.
Solo polar. Ingr. 24.

Fig. 2. — **Harzburgite**: vermicolaz. di hercinite nel pirosseno trimetrico. — *Nosuggio, V. Mastallone*.
Solo polar. Ingr. 34.

Fig. 3. — **Pirossenite**: enstatite parzialmente alterata, e pirosseno monoclinio inalterato. — *Da Rimella al Baraccone*.
Solo polar. Ingr. 29.

Fig. 4. — **Orneblendite**: anfibolo paramorfo di pirosseno monoclinio. — *Rossa, V. Sermenza*.
Nicols incr. Ingr. 29.

Fig. 5. — **Gabbro zonato pirossenico**: parte ricca di pirosseno trimetrico. — *Tappone, V. Strona*.
Solo polar. Ingr. 34.

Fig. 6. — **Gabbro zonato pirossenico**: parte ricca di biotite. — *Ibid.*
Solo polar. Ingr. 34.

Le due fig. 5 e 6 sono tratte dalla stessa sezione sottile, per dare un'idea della variabilità di composizione mineralogica nei gabbri zonati.

fig. 1.

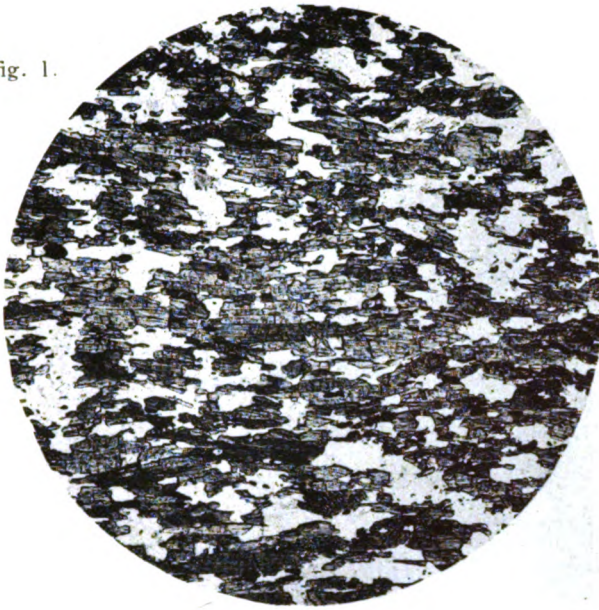


fig. 2.

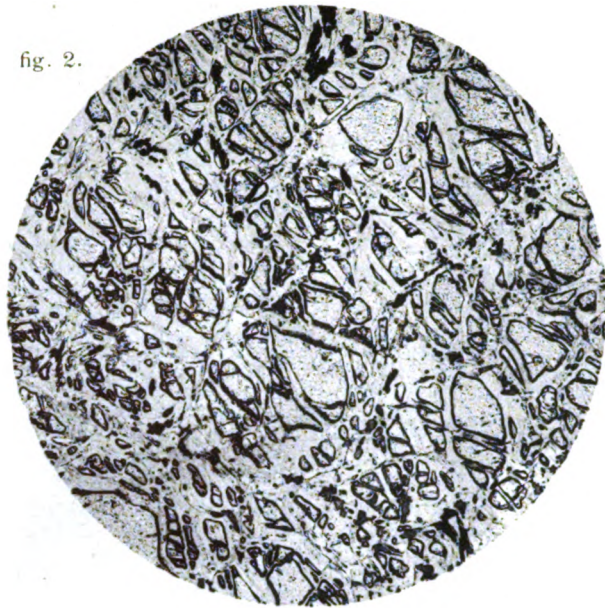


fig. 3.

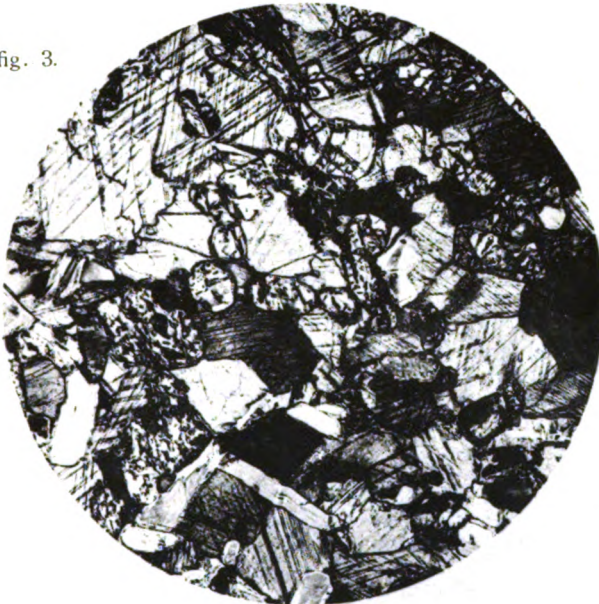


fig. 4.

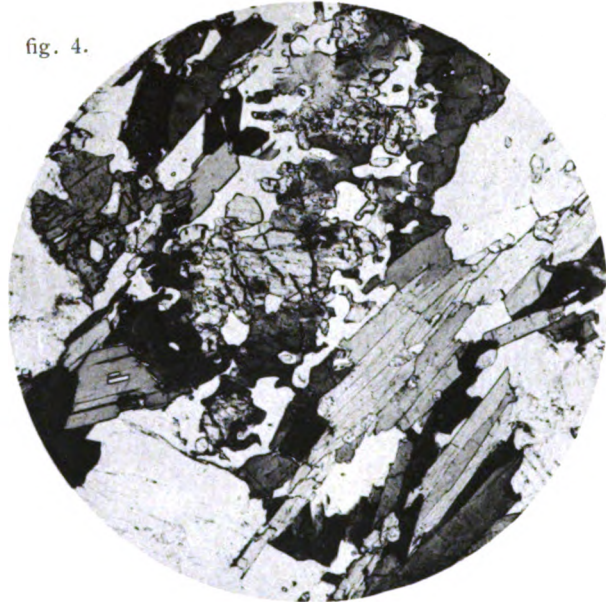


fig. 5.

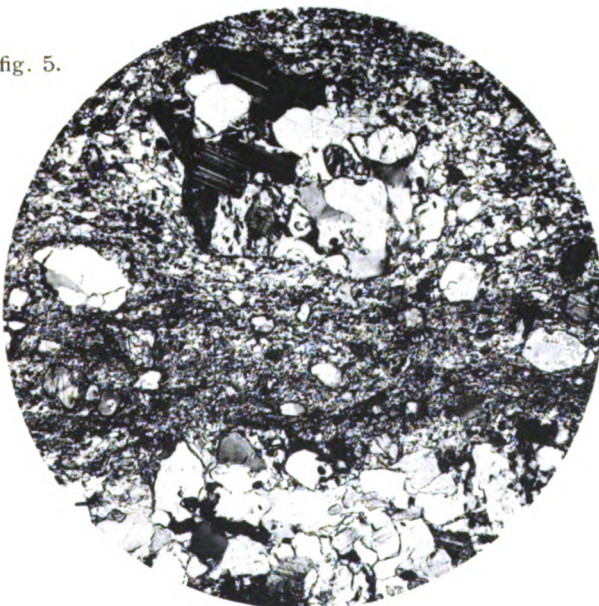


fig. 6.

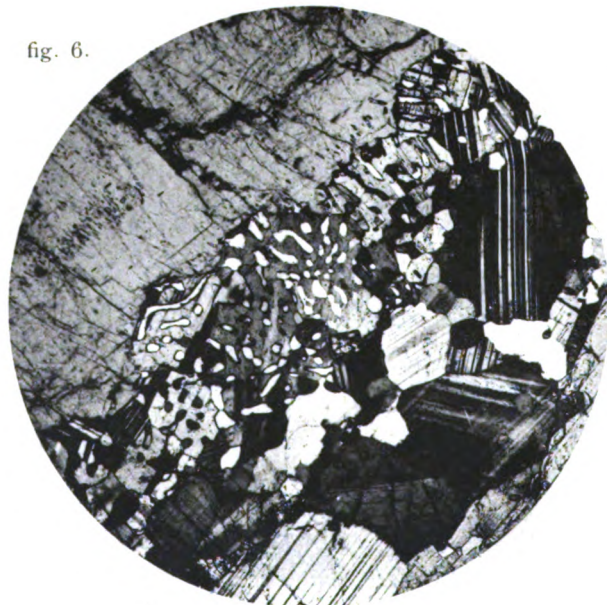


TAVOLA XV.

TAV. XV.

Fig. 1. — **Diorite anfibolica**: inclusioni nell'orneblenda. — *V. Mastallone, fianco sinistro, poco sopra Varallo.*
Solo polar. Ingr. 50.

Fig. 2. — **Diorite pirossenica**: microimplicazione pirossenico-plagioclasica. — *Gula di Val Mastallone.*
Solo polar. Ingr. 23.

Fig. 3. — **Diorite pirossenica**: bastite. — *Val Mastallone, sbocco, presso Varallo.*
Solo polar. Ingr. 50.

Fig. 4. — **Diorite pirossenica**: forma minuta. — *Val Mastallone, sbocco, presso Varallo.*
Solo polar. Ingr. 25.

Fig. 5. — **Gabbro granatifero**: anello di granato intorno al pirosseno. — *Balmuccia.*
Solo polar. Ingr. 22.

Fig. 6. — **Gabbro olivinico**: anello di granato intorno all'olivina, etc. — *Craragliana, V. Mastallone.*
Solo polar. Ingr. 31.

fig. 1.

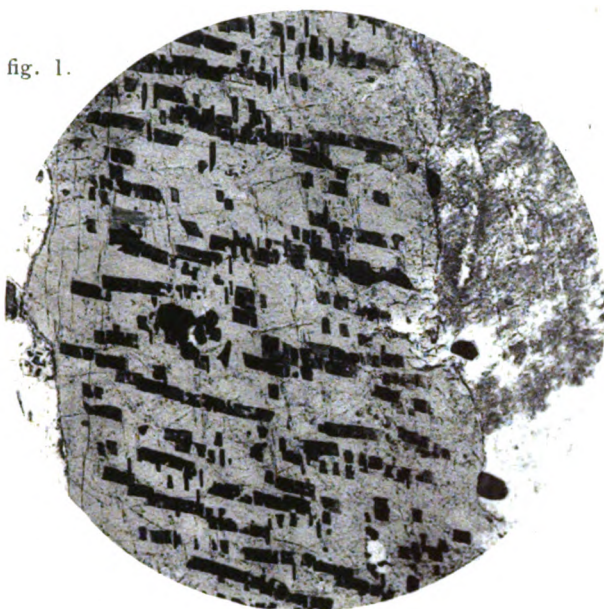


fig. 2.

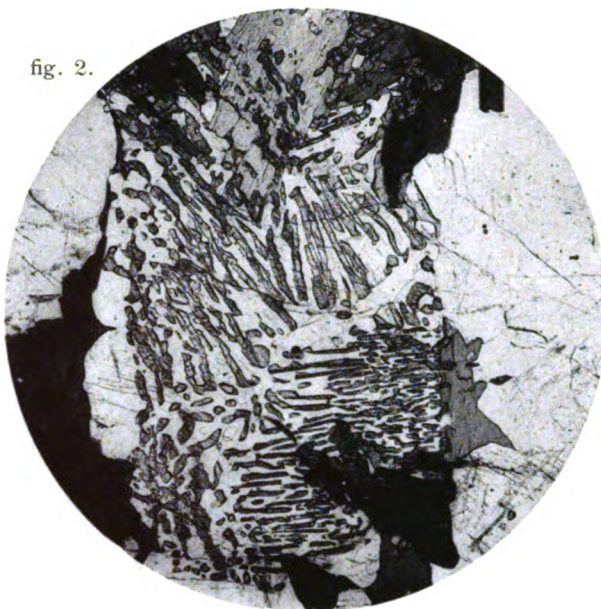


fig. 3.

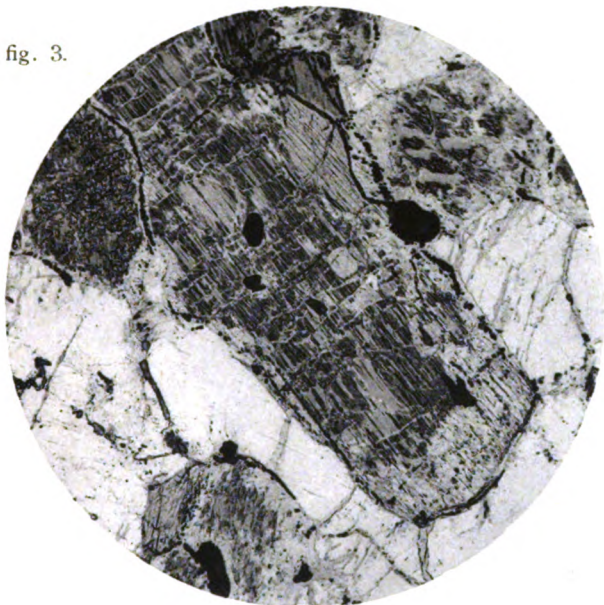


fig. 4.

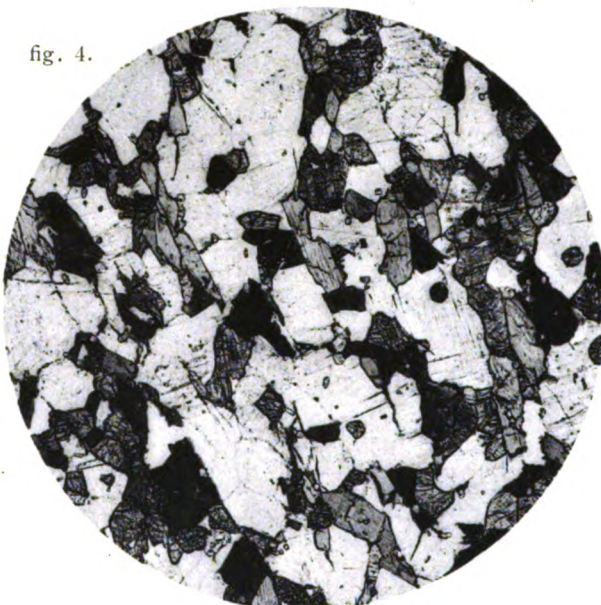


fig. 5.

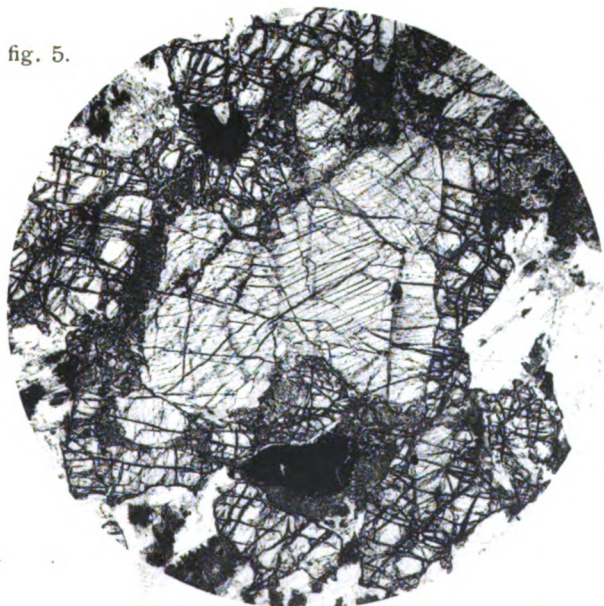


fig. 6.

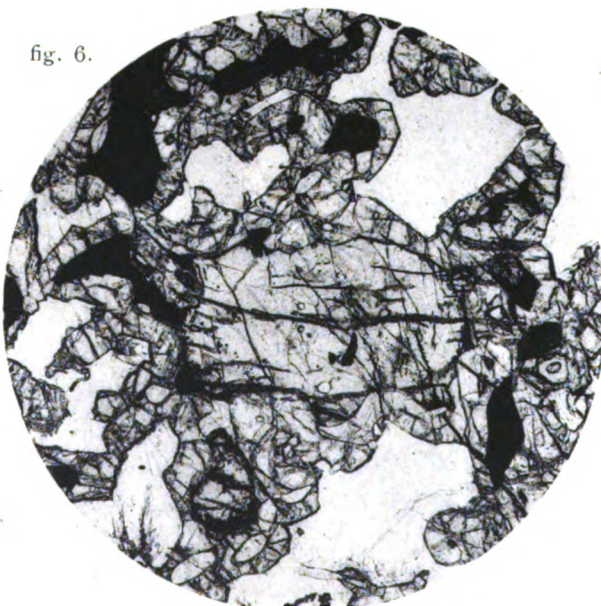


TAVOLA XVI.

TAV. XVI.

Fig. 1. — **Lherzolite**: diallagio deformato meccanicamente. — *Balmuccia*.
Solo polar. Ingr. 24.

Fig. 2. — **Harzburgite**: vermicolaz. di hercinite nel pirosseno trimetrico. — *Nosuggio, V. Mastallone*.
Solo polar. Ingr. 34.

Fig. 3. — **Pirossenite**: enstatite parzialmente alterata, e pirosseno monoclino inalterato. — *Da Rimella
al Baraccone*.
Solo polar. Ingr. 29.

Fig. 4. — **Orneblendite**: anfibolo paramorfo di pirosseno monoclino. — *Rossa, V. Sermenza*.
Nicols incr. Ingr. 29.

Fig. 5. — **Gabbro zonato pirossenico**: parte ricca di pirosseno trimetrico. — *Tappone, V. Strona*.
Solo polar. Ingr. 34.

Fig. 6. — **Gabbro zonato pirossenico**: parte ricca di biotite. — *Ibid.*
Solo polar. Ingr. 34.

Le due fig. 5 e 6 sono tratte dalla stessa sezione sottile, per dare un'idea della variabilità di composizione mineralogica nei gabbri zonati.

fig. 1.

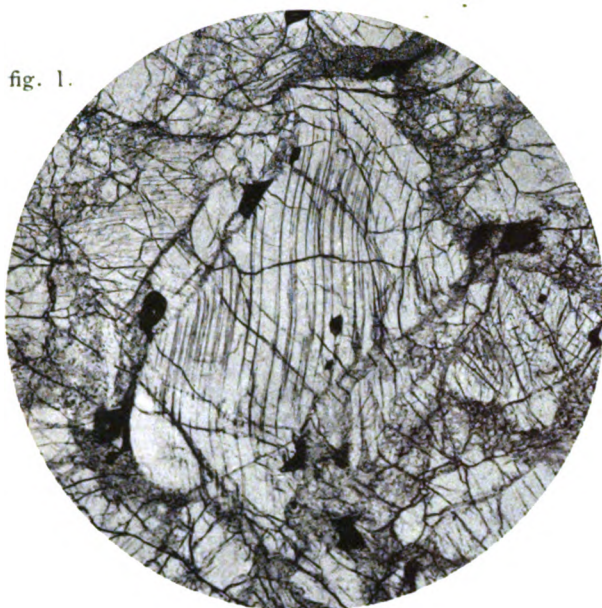


fig. 2.

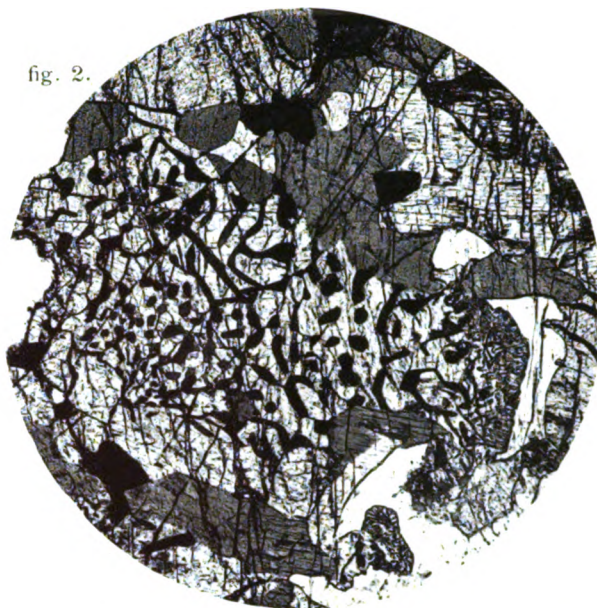


fig. 3.

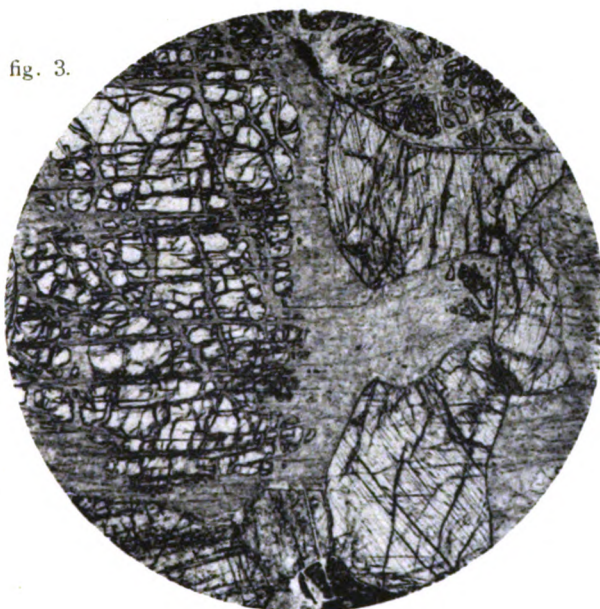


fig. 4.

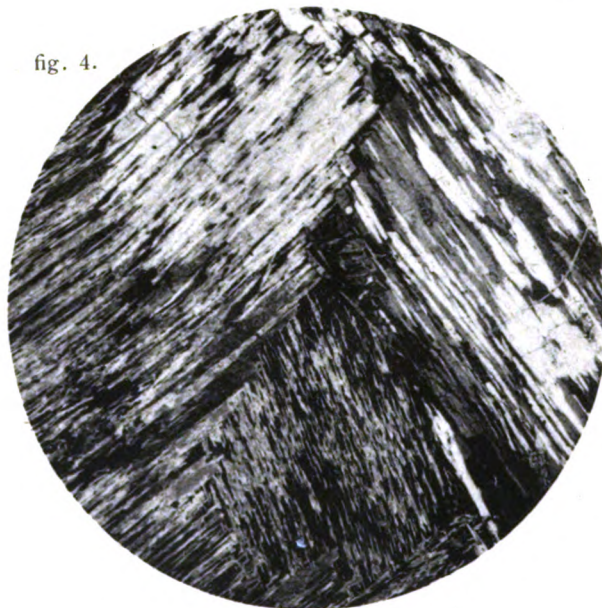


fig. 5.

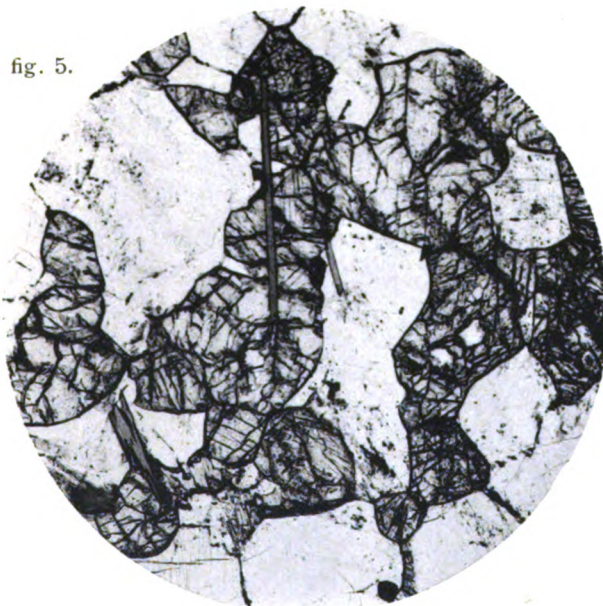


fig. 6.

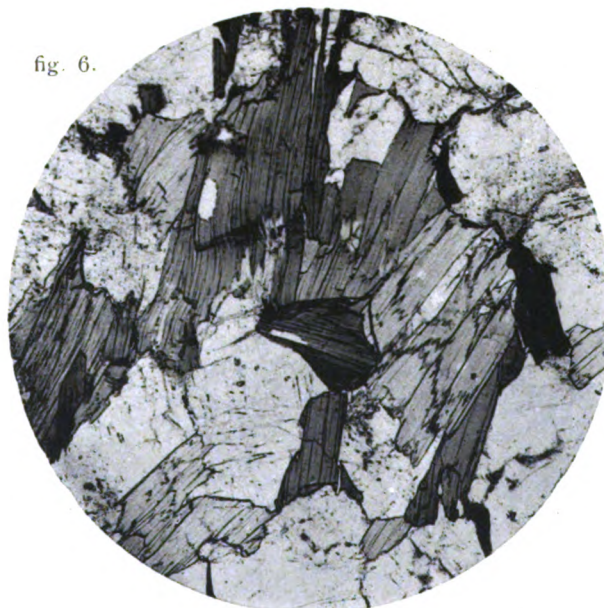


TAVOLA XVII.

TAV. XVII.

Fig. 1. — **Stronalite** massiccia, ricca di sillimanite e granato. — *Baraccone, Val Mastallone.*
Solo polar. Ingr. 24.

Fig. 2. — **Stronalite**, tipo granulitico, ricco di sillimanite e granato. — *Tappone, V. Strona.*
Solo polar. Ingr. 25.

Fig. 3. — **Spessartite**. — *Crosà, presso Varallo.*
Solo polar. Ingr. 23.

Fig. 4. — **Spessartite**: noduletti di anfibolo chiaro. — *Ibid.*
Solo polar. Ingr. 23.

Fig. 5. — **Anfibolite** della zona eruttiva settentrionale: tipo di scisto dioritico. — *Tra Piana e Boco, Val Mastallone.*
Solo polar. Ingr. 25.

Fig. 6. — **Anfibolite** come sopra: sviluppo dell'anfibolo chiaro secondario. — *Carcoforo.*
Solo polar. Ingr. 25.

fig. 1.

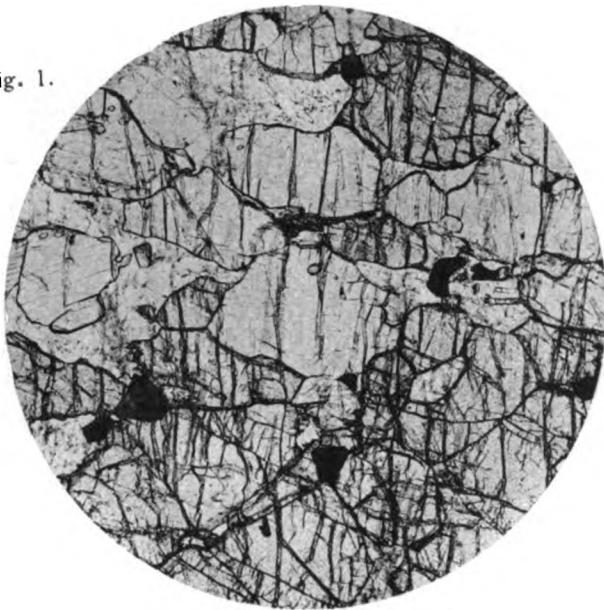


fig. 2.

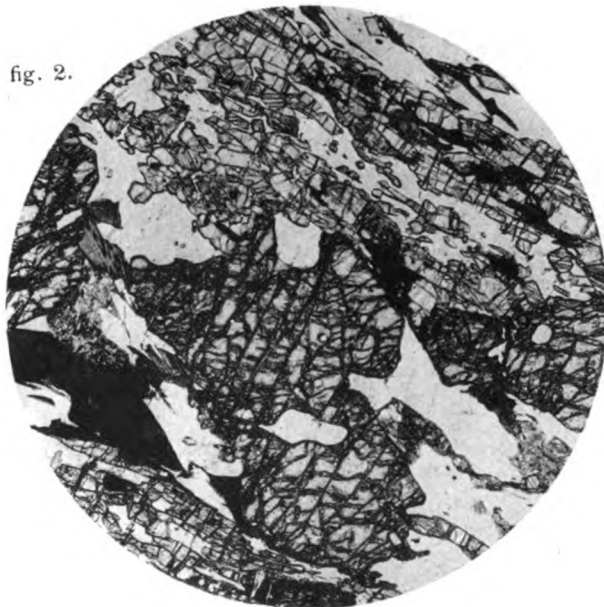


fig. 3.

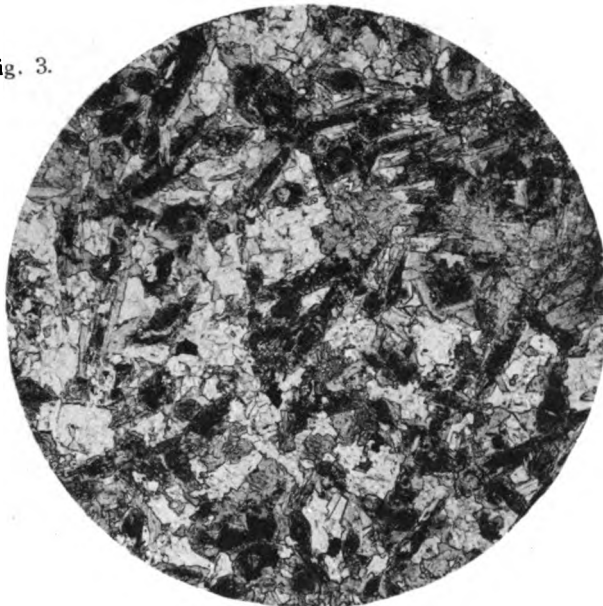


fig. 4.

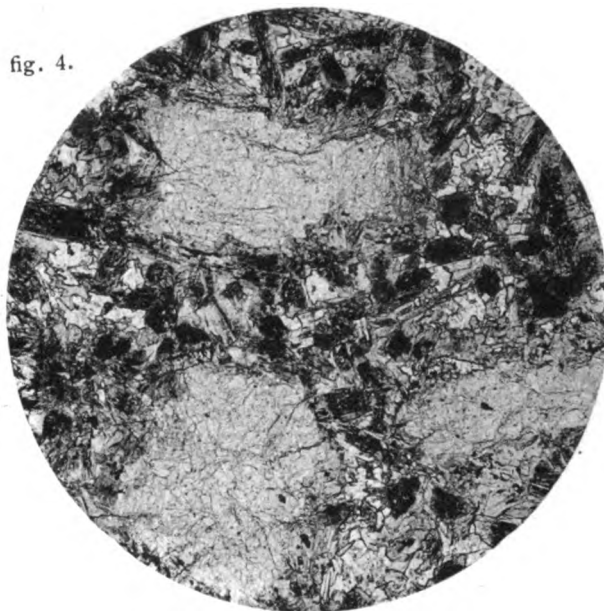


fig. 5.

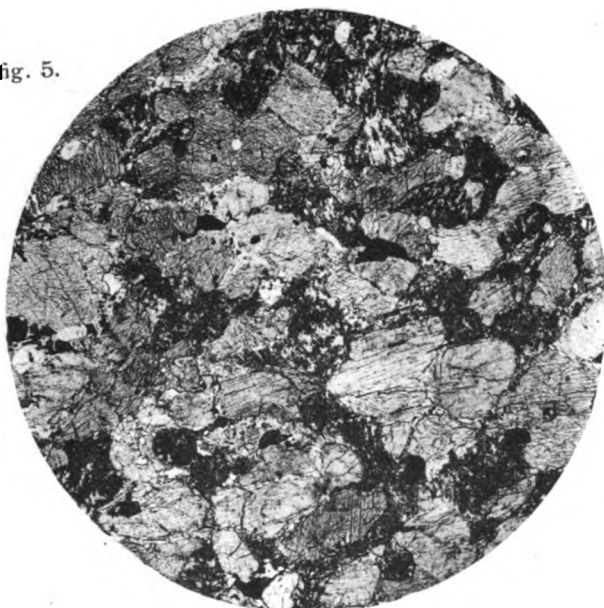


fig. 6.

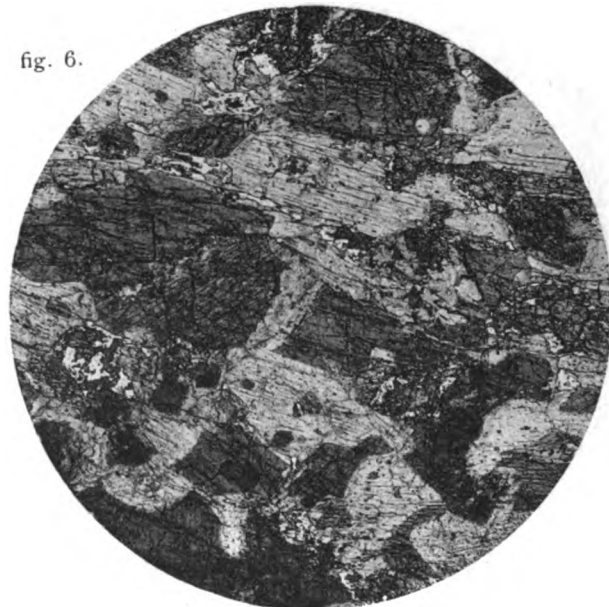


TAVOLA XVIII.

TAV. XVIII.

- Fig. 1. — **Gabbro** alterato, in parte epidioritico: due zone di frantumazione parallele; una venetta di anfibolo chiaro che cementa una screpolatura nell'orneblenda. — *Grondo, sotto Rimella.*
Solo polar. Ingr. 23.
- Fig. 2. — **Gabbro granatifero** alteratissimo: zona di frantumazione: struttura lenticolare secondaria. —
Dal Baraccone a Fobello.
Solo polar. Ingr. 23.
- Fig. 3. — **Calcifiro** incluso nei gabbri granatiferi: anello di wernerite intorno all'augite violetta. —
Ender Wasser, pr. Rimella.
Solo polar. Ingr. 50.
- Fig. 4. — **Gneiss Sesia**, forme scistose normali: straterelli di epidoto. — *Piode, Val Grande.*
Solo polar. Ingr. 35.
- Fig. 5. — **Gneiss Sesia**, forme scistose normali: granato lenticolare, con anello di mica verde passante a muscovite. — *Boccioleto, Val Sermenza.*
Solo polar. Ingr. 47.
- Fig. 6. — **Gneiss Sesia**, cristallo di ortite geminato, con anello di epidoto. — *Boccorio, Val Grande.*
Solo polar. Ingr. 63.

fig. 1.

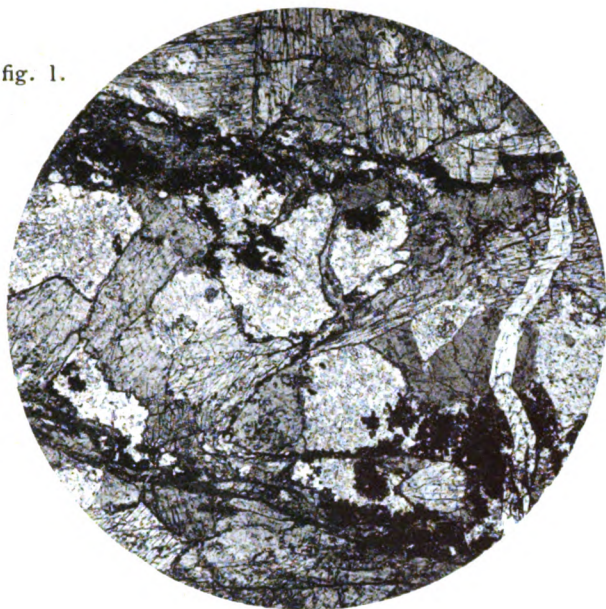


fig. 2.

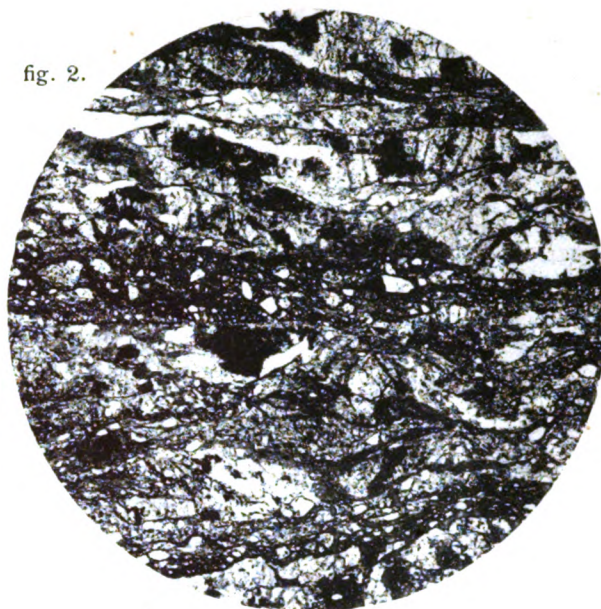


fig. 3.

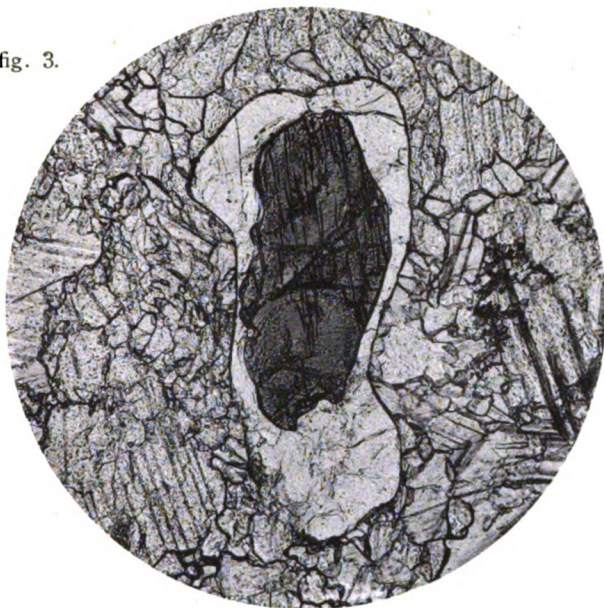


fig. 4.

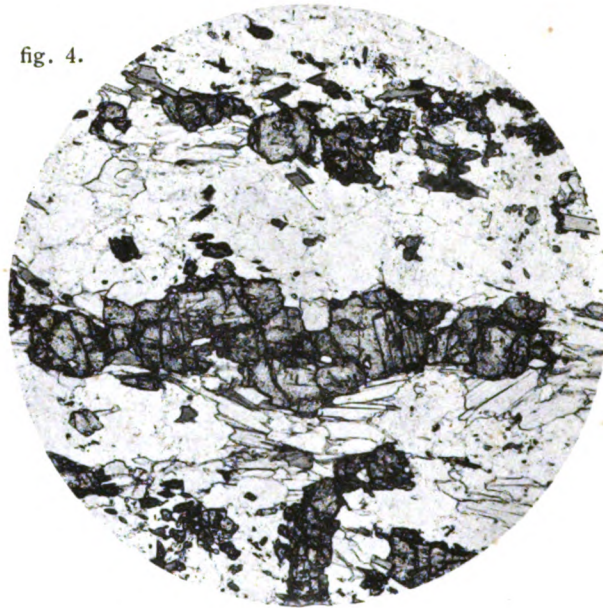


fig. 5.

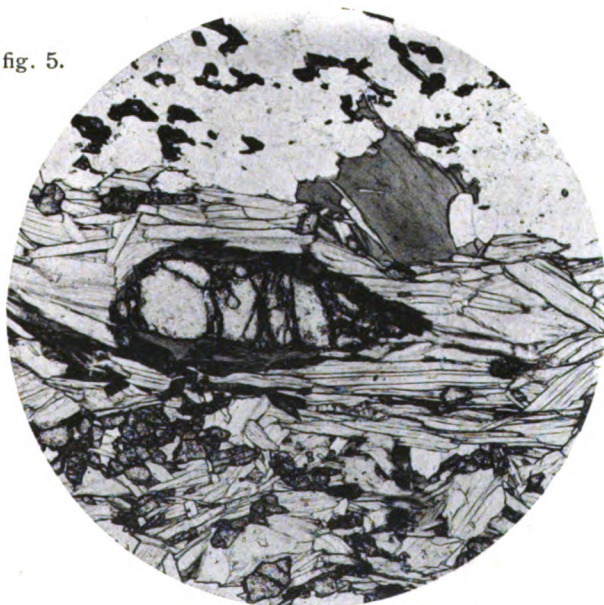


fig. 6.

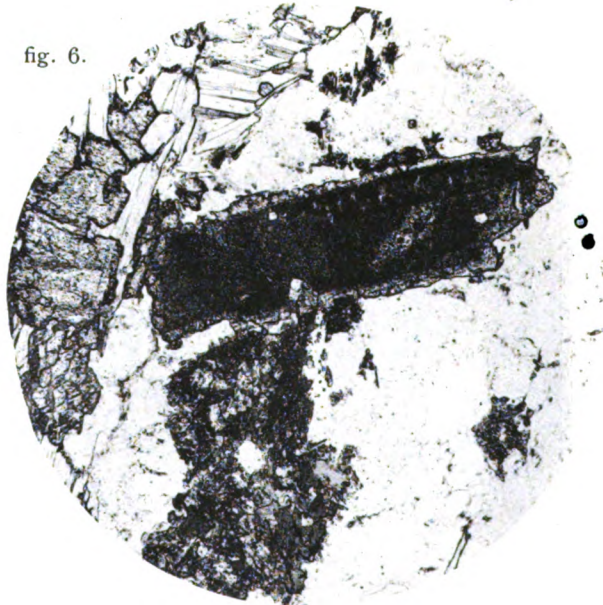


TAVOLA XIX.

TAV. XIX.

Fig. 1. — **Gneiss Sesia**, forma massiccia a microclino: struttura cataclastica. — *Failungo Sup. Val Gr.*
Nicols incr. Ingr. 12.

Fig. 2. — **Come il precedente.** — *Ibid.*
Nicols. incr. Ingr. 12.

Fig. 3. — **Gneiss minuti zonati**: frammenti di microclino. — *Isolello, Val Grande.*
Nicols incr. Ingr. 27.

Fig. 4. — **Gneiss minuti zonati**: straterelli di minuta frantumazione; produzione di sericite. — *Isolello, Val Grande.*
Nicols incr. Ingr. 23.

Fig. 5. — **Prasinite cloritico-epidotico-anfibolica**, a grana minuta. — *Vallone dell'Olen, pr. il Sasso del Diavolo.*
Solo polar. Ingr. 40.

Fig. 6. — **Prasinite cloritico-epidotica.** — *Sotto Rima.*
Solo polar. Ingr. 39.

fig. 1.

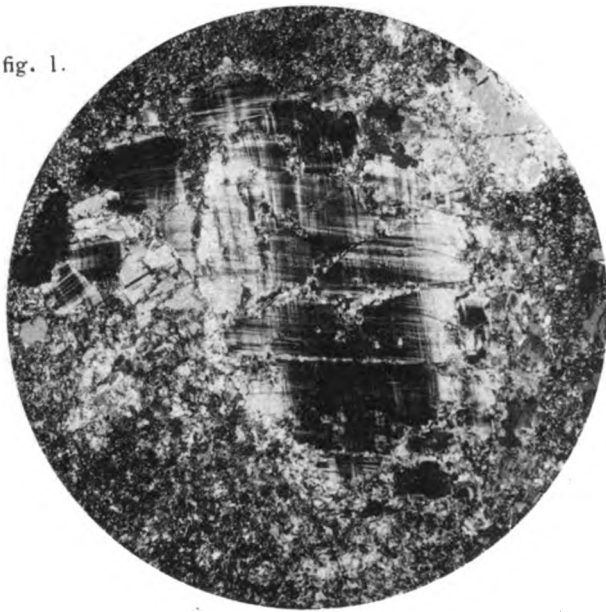


fig. 2.

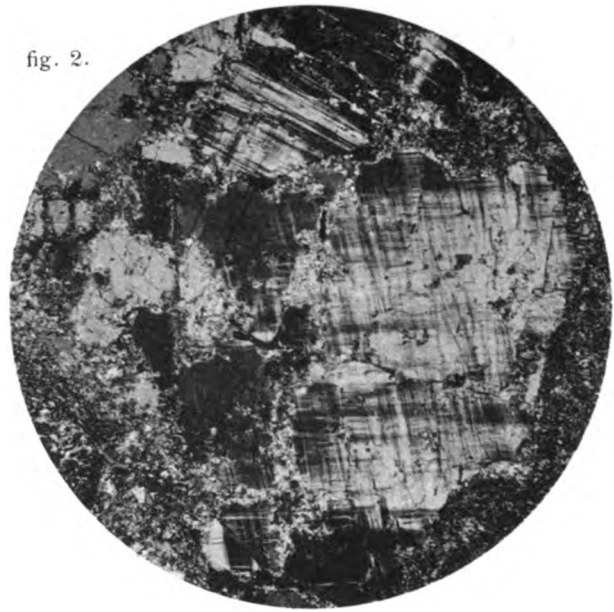


fig. 3.

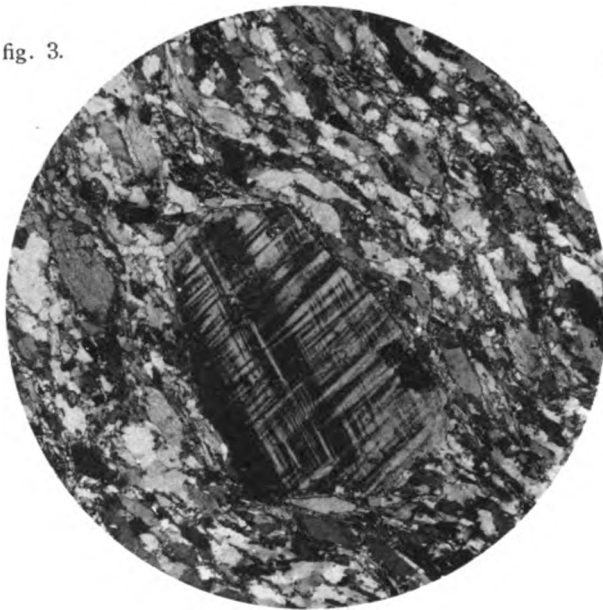


fig. 4.

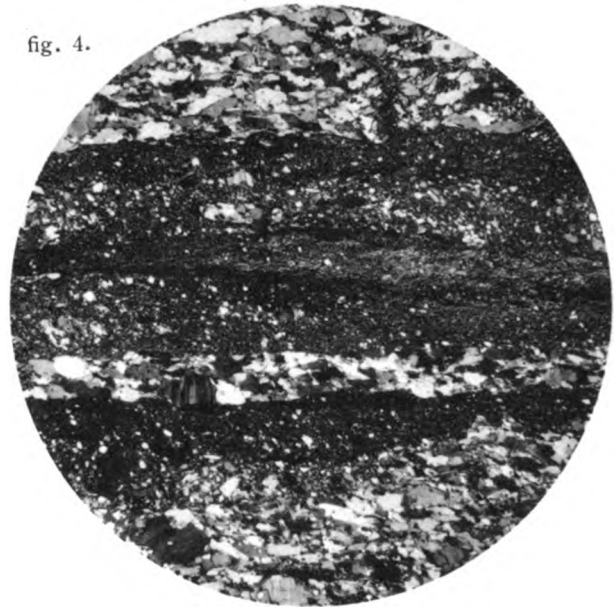


fig. 5.

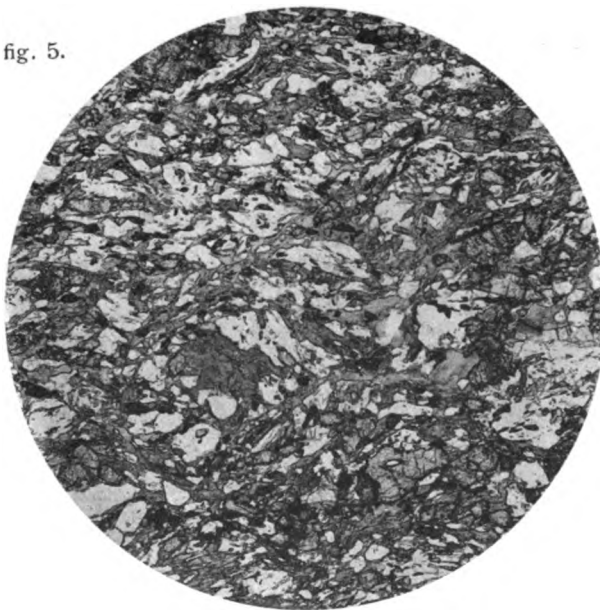


fig. 6.

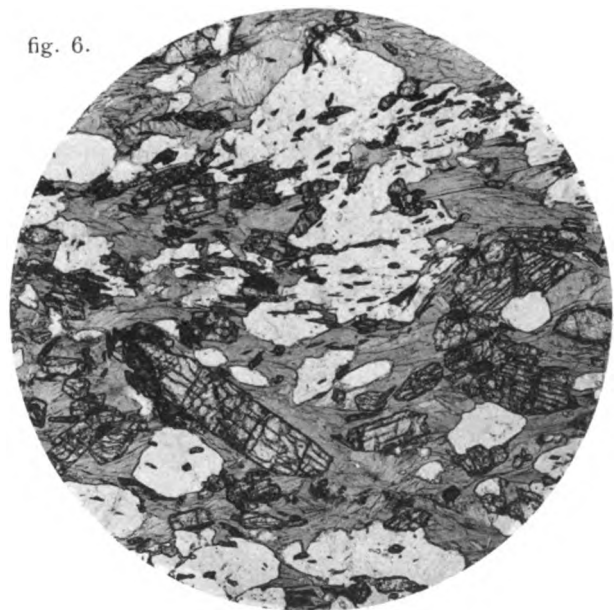


TAVOLA XX..

TAV. XX.

Fig. 1. — **Eclogite**: granato con pseudomorfosi parziale periferica in anfibolo. — *Merletti, Alagna*.
Solo polar. Ingr. 37.

Fig. 2. — **Eclogite**: anfibolo cribroso secondario. — *Merletti, Alagna*.
Solo polar. Ingr. 45.

Fig. 3. — **Eclogite** minuta: pseudomorfosi parziale periferica di zoisite su muscovite. — *Laghetli di Cimalagna*.
Solo polar. Ingr. 49.

Fig. 4. — **Lherzolite**. — *Giarre, Val Artogna*.
Solo polar. Ingr. 13.

Fig. 5. — **Lherzolite**: sistema di screpolature subparallele. — *Giarre, Val Artogna*.
Solo polar. Ingr. 18.

Fig. 6. — **Serpentino** scistoso antigoritico. — *Corno del Camoscio*.
Nicols incr. Ingr. 34.

fig. 1.

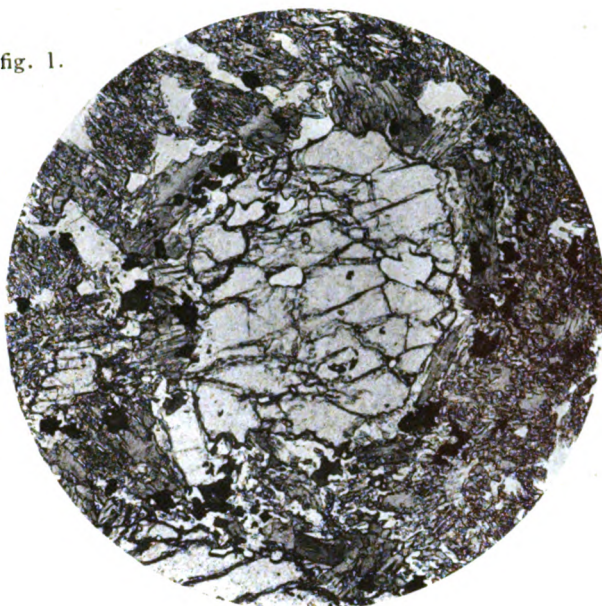


fig. 2.

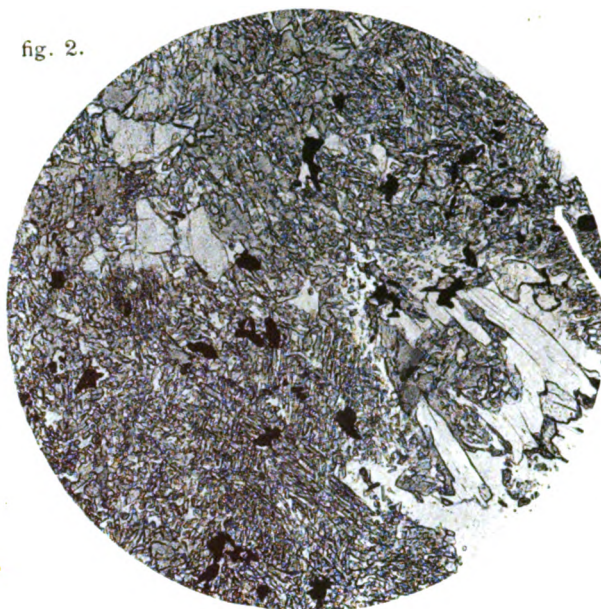


fig. 3.

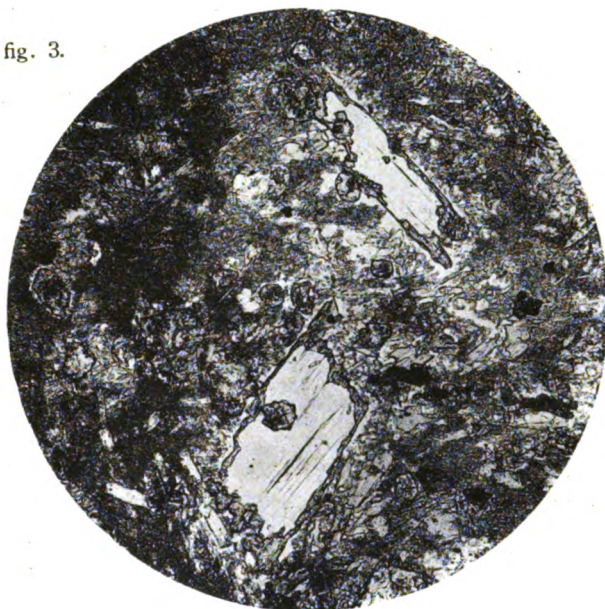


fig. 4.

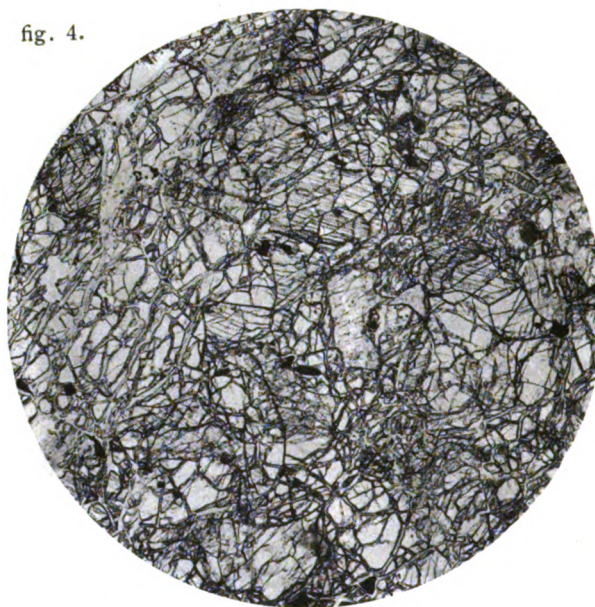


fig. 5.

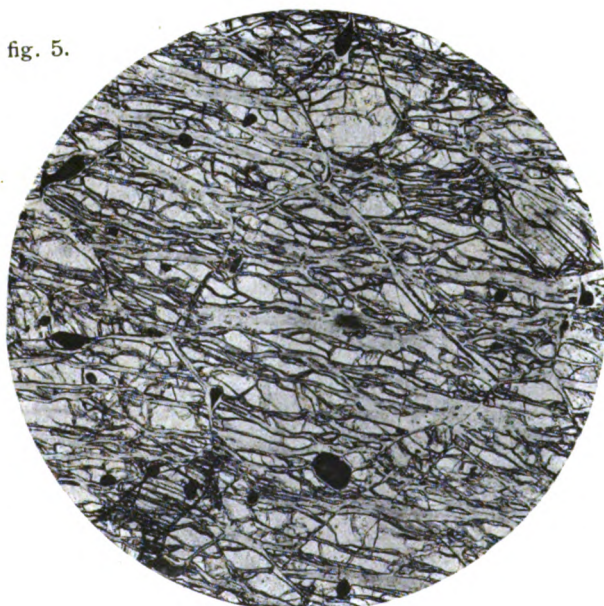
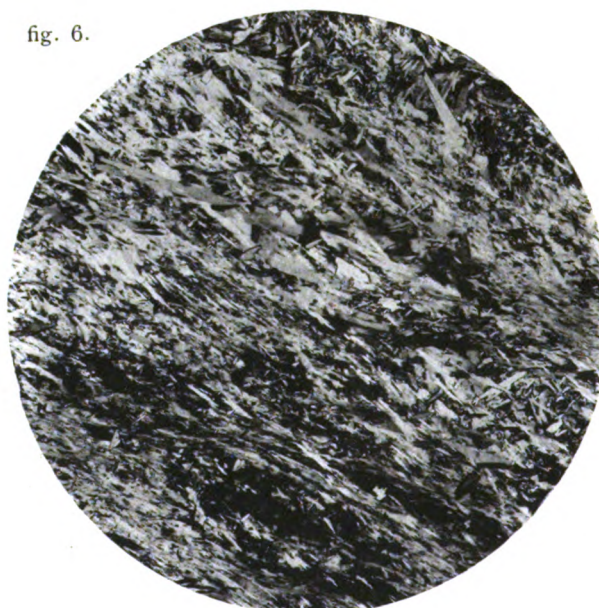
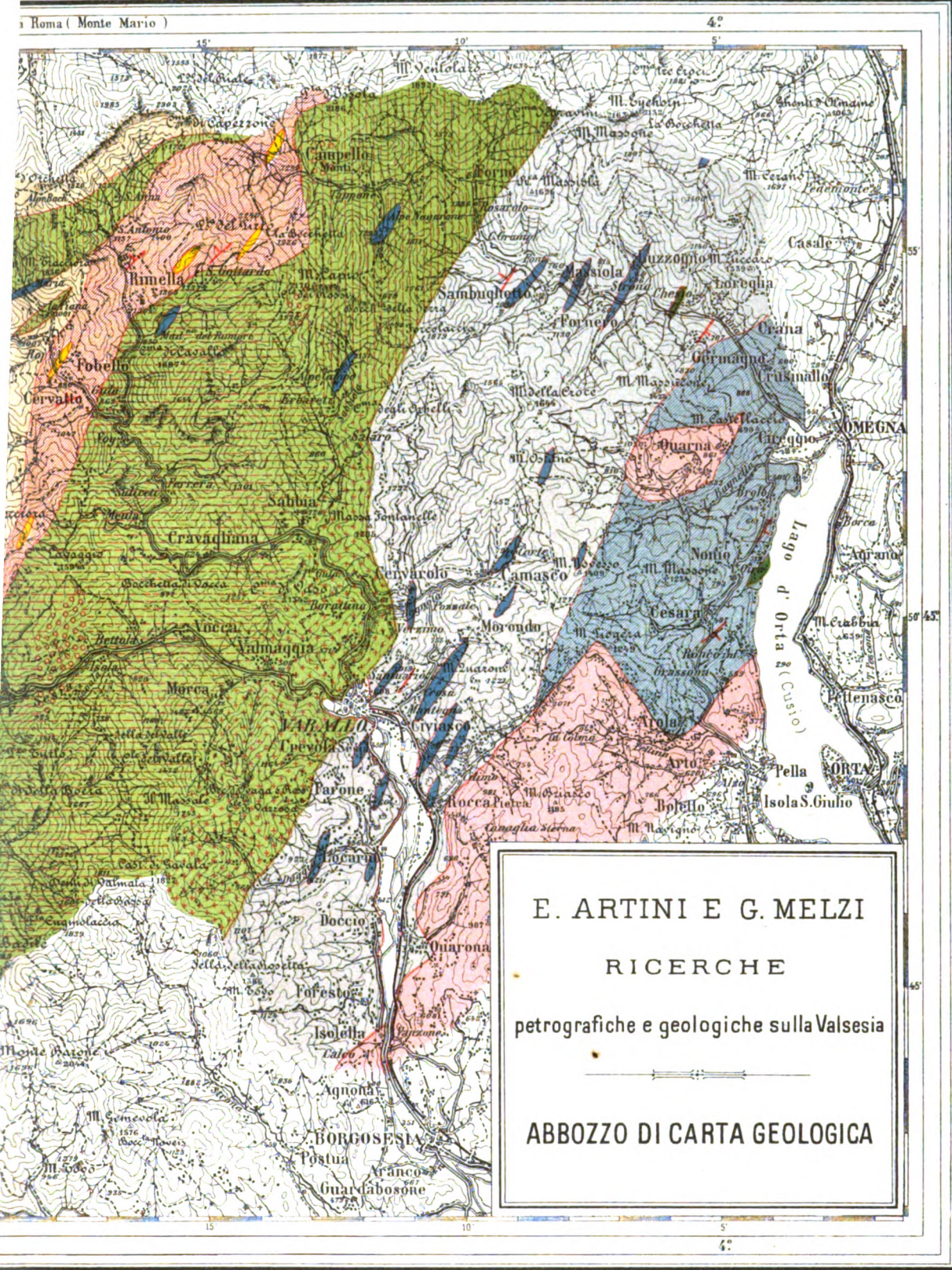


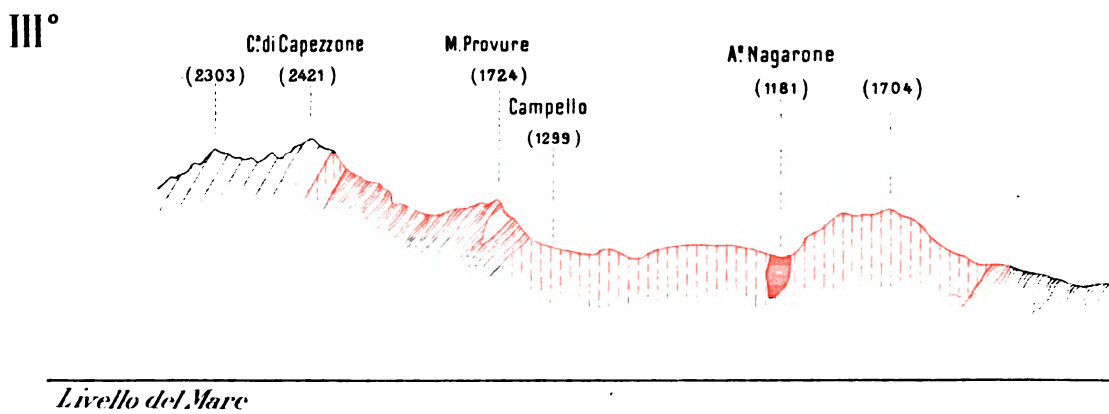
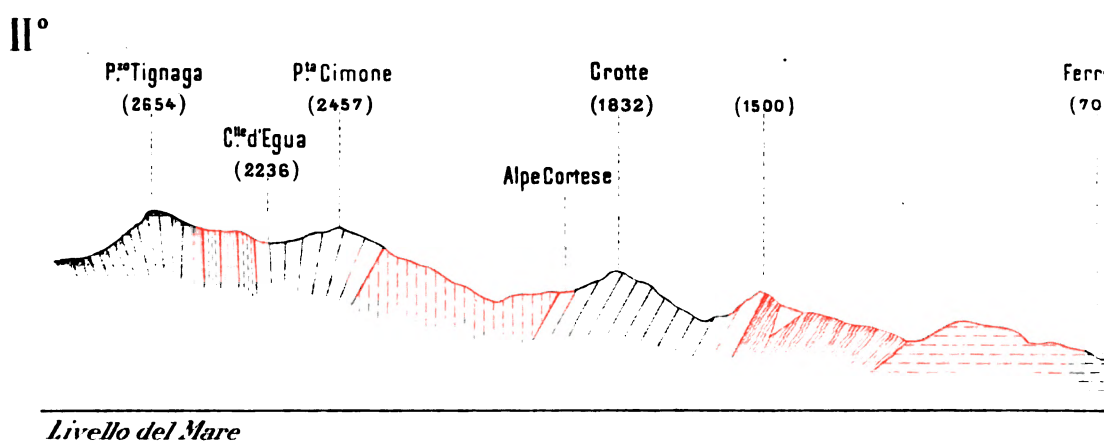
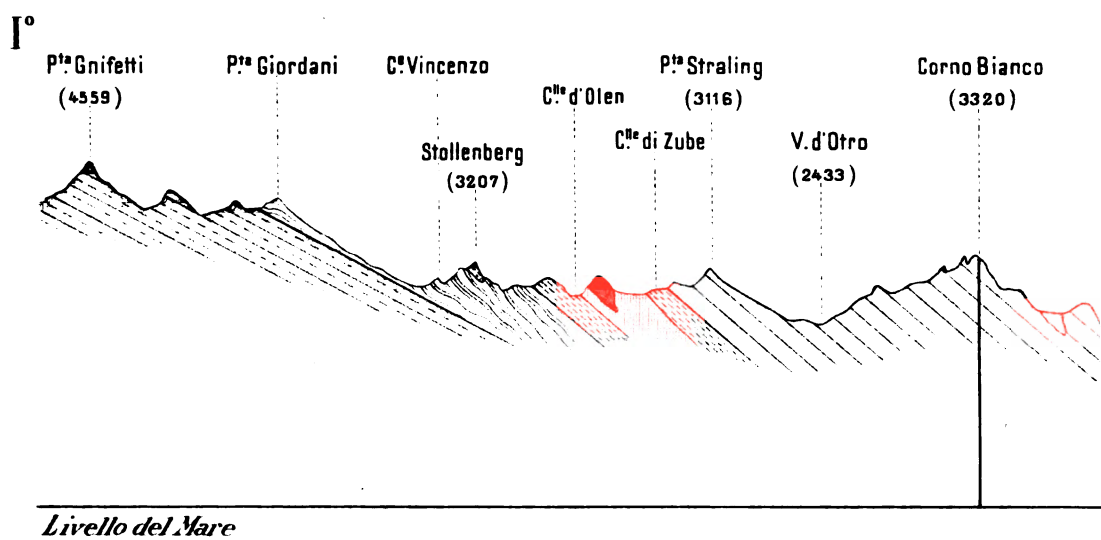
fig. 6.



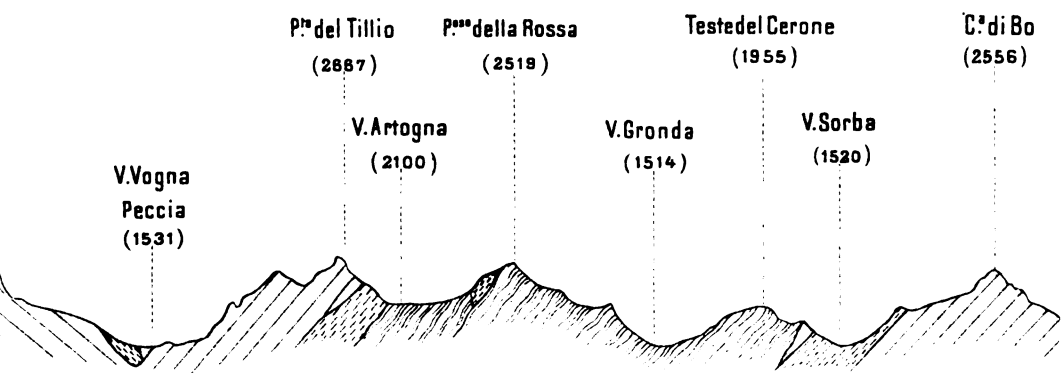


	Gneiss - Sesia		Serpentino
	Scisti di Fobello e Rimella		Calcescisti neri
	Calcari del Gn. Sesia e degli Sc di R ^a e F. ^o		Misciscisto granatifero
	Prasiniti e altre P. ^a v. tipiche		Gneiss - M. ^a Rosa

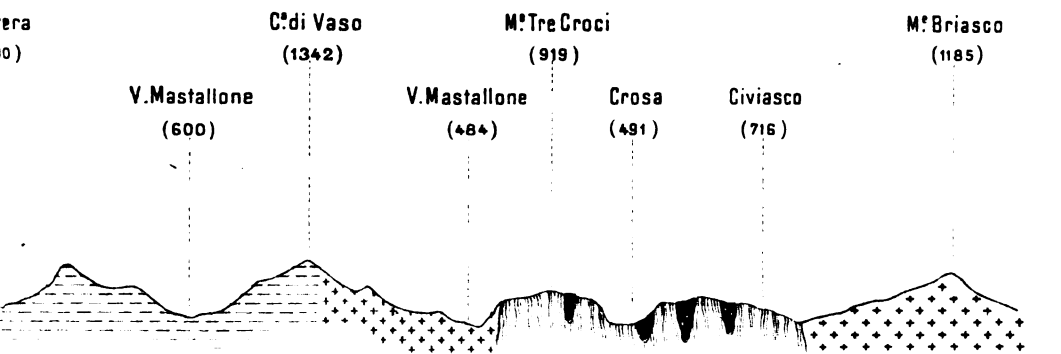
Riproduzione riservata



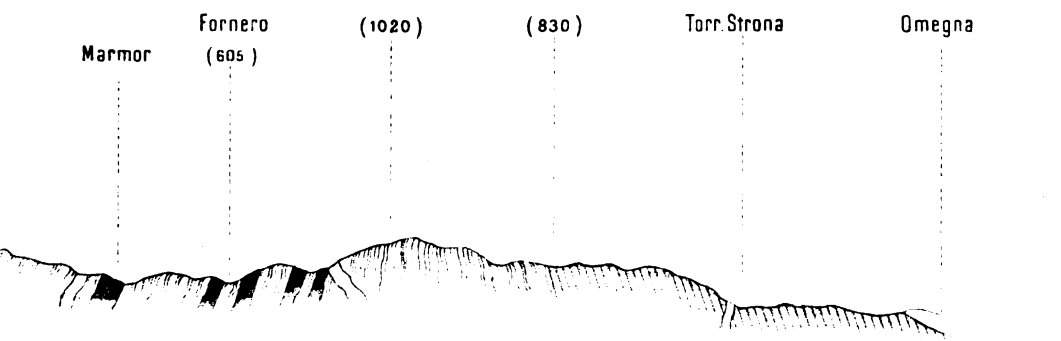
E. ARTINI e G. MELZI. Ricerche p



Scala 1:100,000

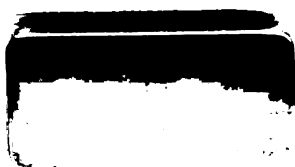
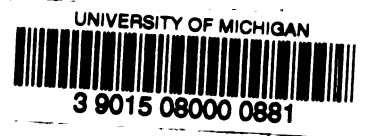


Scala 1:100,000



Scala 1:75,000

petrografiche ecc. = Profili Geologici





67

